

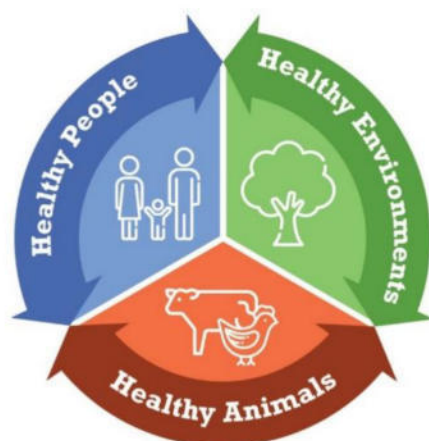


ONE WORLD - ONE HEALTH

Proceedings
of the I International Scientific and Practical Conference,
4-5 June 2024, Słupsk, Poland

Słupsk
2024

Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of
Ukraine (NAAS), Odesa, Ukraine
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
Ludwik Rydygier Collegium Medicum in Bydgoszcz,
Nicolaus Copernicus University in Toruń, Poland
Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenka, Sumy, Ukraine
T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", Chernihiv, Ukraine



ONE WORLD – ONE HEALTH

Proceedings
of the I International Scientific and Practical Conference,
4-5 June 2024, Słupsk, Poland

Słupsk
2024

UDC 61: 63: 619: 004.8

Editors: H. Tkaczenko, N. Kurhaluk, O. Lukash, O. Yakovenko, I. Antonik

One World – One Health. Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference, 4-5 June 2024, Słupsk, Poland. Słupsk: Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, 2024. 452 p.

*Recommended for publication by the Academic Council
Institute of Biology of the Pomeranian University in Słupsk
(protocol No. 5, dated May 20, 2024)*

*The conference "One World – One Health" is registered at the State scientific institution
"Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information"
(No. 290, dated May 8, 2024)*

This proceedings contains the proceedings of the First International Scientific and Practical Conference "One World – One Health", held at the Institute of Biology of the University of Pomerania in Słupsk on 4-5 June 2024. The conference brought together scientists, educators, doctoral candidates, postgraduates and students to address contemporary health challenges in a globalised world. The focus was on the health challenges posed by environmental changes, pandemics and increasing urbanisation. Participants presented research spanning medicine, veterinary science, biology, environmental protection and agriculture, with the aim of identifying innovative solutions to ensure sustainable health systems. Particular emphasis was placed on the concept of 'One Health', which emphasises the interconnectedness of human, animal and environmental health. The collection includes papers that present the latest scientific and practical advances in the field, as well as recommendations for integrating interdisciplinary strategies to address global health challenges.

© The authors of the proceedings, 2024

THE ORGANISING AND SCIENTIFIC COMMITTEE OF THE CONFERENCE

MEMBERS OF THE ORGANISING COMMITTEE:

Zbigniew Osadowski – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Rector of the Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (chairman);

Tomasz Hetmański – Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Halina Tkaczenko – Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy Director of Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Magdalena Piekutowska – Candidate of Agricultural Sciences, Associated Professor, Department of Botany and Nature Conservation, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Natalia Kurhaluk – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Department of Animal Physiology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Oleg Aleksandrowicz – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Department of Zoology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Mykola Ovcharenko – Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Zoology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Józef Antonowicz – Doctor of Sciences, Professor, Department of Environmental Chemistry and Toxicology, Division of Earth and Environmental Sciences, Institute of Geography, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;

Monika Jazownik – Mgr., Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (secretary);

Iryna Antonik – Candidate of Agricultural Sciences, Associated Professor, Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine;

Rayisa Vozhegova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, Director of the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine;

Oleksii Danchuk – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Deputy director for scientific work of Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (NAAS), Odesa, Ukraine;

Vitaliy Nedosekov – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Department of Epizootiology, Microbiology and Virology, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine); Royal Veterinary College, University of London (London, UK);

Oleksandr Tserenyuk – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production, National Academy of Agrarian Sciences of the Ukraine, Poltava, Ukraine;

Piotr Kamiński – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Department of Ecology and Environmental Protection, Department of Medical Biology and Biochemistry, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Bydgoszcz, Poland; Department of Biotechnology, Institute of Biological Sciences, Faculty of Biological Sciences, University of Zielona Góra, Zielona Góra, Poland;

Oleksandr Lukash – Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”, Chernihiv, Ukraine;

Yuriy Karpenko – Candidate of Biological Sciences, Associated Professor, Head of Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”, Chernihiv, Ukraine

MEMBERS OF THE SCIENTIFIC COMMITTEE:

Tomasz Hetmański – Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Halina Tkaczenko – Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy Director of Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Brygida Radawiec – Candidate of Biological Sciences, Deputy Director of Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Magdalena Piekutowska – Candidate of Agricultural Sciences, Associated Professor, Department of Botany and Nature Conservation, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Natalia Kurhaluk – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Department of Animal Physiology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Zbigniew Sobisz – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Department of Botany and Nature Conservation, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Oleg Aleksandrowicz – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Department of Zoology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Mykola Ovcharenko – Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Zoology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland (co-chairman);

Józef Antonowicz – Doctor of Sciences, Professor, Department of Environmental Chemistry and Toxicology, Division of Earth and Environmental Sciences, Institute of Geography, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;

Iryna Antonik – Candidate of Agricultural Sciences, Associated Professor, Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine;

Rayisa Vozhegova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, Director of the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine;

Oleksii Danchuk – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Deputy director for scientific work of Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (NAAS), Odesa, Ukraine;

Mykola Tsvilikhovskyi – Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Dean of the Faculty of Veterinary Medicine, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine;

Vitaliy Nedosekov – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Department of Epizootiology, Microbiology and Virology, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine); Royal Veterinary College, University of London (London, UK);

Oleksandr Tserenyuk – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production, National Academy of Agrarian Sciences of the Ukraine, Poltava, Ukraine;

Piotr Kamiński – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Department of Ecology and Environmental Protection, Department of Medical Biology and Biochemistry, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Bydgoszcz, Poland; Department of Biotechnology, Institute of Biological Sciences, Faculty of Biological Sciences, University of Zielona Góra, Zielona Góra, Poland;

Alina Woźniak – Doctor of Medical Sciences, Professor, Department of Medical Biology and Biochemistry, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Bydgoszcz, Poland;

Yurii Liannoi – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Rector of the Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenka, Sumy, Ukraine;

Liudmyla Mironets – Candidate of Pedagogical Sciences, Associated Professor, Dean of the Faculty of Natural Sciences and Geography, Sumy State Pedagogical University named after Anton Makarenko (Sumy, Ukraine);

Oleksandr Lukash – Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”, Chernihiv, Ukraine;

Yuriy Karpenko – Candidate of Biological Sciences, Associated Professor, Head of Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University “Chernihiv Colehium”, Chernihiv, Ukraine

CONTENT / ЗМІСТ

PLENARY REPORTS	16
ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ	
Magdalena Piekutowska	16
INNOWACYJNE METODY PROGNOZOWANIA PLONÓW ROŚLIN UPRAWNYCH: ANALIZA MODELI LINIOWYCH I NIELINIOWYCH NA PRZYKŁADZIE BARDZO WCZESNYCH ODMIAN ZIEMNIAKA (<i>SOLANUM TUBEROSUM</i> L.)	
Yaroslav Likar, Raisa Vozhehova	17
ENERGY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE USE OF BIOLOGIZED AGROTECHNOLOGIES FOR CORN CULTIVATION	
Mykola Ovcharenko	21
OCHRONA PASOŻYTÓW: NONSENS CZY KONIECZNOŚĆ?	
Iryna Antonik, Vyacheslav Danchuk, Oleksii Danchuk, Kostiantyn Zaruba, Vitalii Nedosekov, Olha Naidich	25
PROSPECTS FOR POST-WAR LIVESTOCK RECOVERY IN THE UKRAINE STEPPES	
Алла Стоянова	32
РОЛЬ ВІВЧАРСТВА У ФОРМУВАННІ КЛІМАТИЧНО ОРІЄНТОВАНОГО ФЕРМЕРСТВА УКРАЇНИ	
Nataliia Tkachuk, Liubov Zelena, Yaroslav Novikov	37
ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF DIMETHYL SULFOXIDE AGAINST SULFATE-REDUCING BACTERIA	
Oleksandr Tsereniuk, Vitalii Vovk, Oleksandr Akimov, Yurii Chereuta	39
ENSURING THE WELFARE OF FOSTER PIGLETS USING SOWS OF DIFFERENT BREEDS	
Zbigniew Sobisz, Mariola Truchan, Zbigniew Osadowski	43
SŁUPSKIE HERBARIUM – ROŚLINNE ARCHIWUM CENNYM ŹRÓDŁEM INFORMACJI O FLORZE POMORZA	
Serhii Beschasnyi, Olena Hasiuk	44
THE ENDOGENOUS CARBON MONOXIDE REDUCES ISCHEMIC-REPERFUSION DAMAGE TO THE HEART	
Tomasz Hetmański	46
WILK <i>CANIS LUPUS</i> W ZACHODNIEJ POLSCE W LATACH 2019-2022	
Natalia Kurhaluk, Halina Tkaczenko	49
SILENT LANGUAGE OF ATTRACTION: HOW PHEROMONES INFLUENCE BEHAVIOUR AND SOCIAL DYNAMICS ACROSS SPECIES	
Tetiana Tiupova, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk	59
BIOLOGICAL ACTIVITY OF ENDOPHYTIC FUNGI	
Małgorzata Gradziuk, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk	66
TRENDY W KRWIODAWSTWIE: WIEDZA, PRAKTYKA I OCZEKIWANIA DAWCÓW KRWI NA PRZESTRZENI OSTATNICH 10 LAT	

Oleksandr Lukash, Maksym Aravin, Vitalii Morskyi	70
IDENTIFYING THE BOUNDARY BETWEEN SUCCESSFUL INTRODUCTION AND INVASIVENESS OF TREE SPECIES AS A KEY TO HEALTHY OPTIMISATION OF URBAN GREEN INFRASTRUCTURE AT THE EXPENSE OF INTRODUCERS	
1. INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR PLANT HEALTH	75
1. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗДОРОВ'Я РОСЛИН	
Володимир Антоненко, Роман Михайленко, Світлана Кириєнко	75
СИНТЕЗ ТІАЗОЛЛОЦТОВИХ КИСЛОТ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ЇХ ФІТОГОРМОНАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ ПРИ ЖИВЦЮВАННІ ОКРЕМИХ ВИДІВ <i>PINOPHYTA</i>	
Ольга Грабовецька, Володимир Балабан, Валерій Свиридовський	79
МАЛОПОШИРЕНІ ПЛОДОВІ КУЛЬТУРИ – ЇХ ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ТА КОРИСТНІСТЬ	
Олександр Грицук, Ніна Мулюкіна	83
G-КВАДРУПЛЕКСИ ТА ЇХ РОЛЬ В РОСТІ, РОЗВИТКУ І СТІЙКОСТІ РОСЛИН	
Ірина Ковальова, Людмила Герус, Ніна Мулюкіна, Марина Федоренко, Олена Салій	87
СУЧАСНІ СОРТИ ВИНОГРАДУ, ПРИДАТНІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЧИСТОТИ ПРОДУКЦІЇ	
Ніна Мулюкіна, Галина Ляшенко, Ірина Ковальова, Марина Бузовська, Елла Мельник, Алла Лещенко, Андрій Ненартович	92
ХРОНІЧНІ ХВОРОБИ ВИНОГРАДУ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН	
Ніна Мулюкіна, Галина Ляшенко, Вячеслав Власов, Марина Бузовська, Елла Мельник, Ганна Попова	97
СКЛАДОВІ ФІТОПАТОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ МІКРОБІОМУ ВИНОГРАДУ ТА АСПЕКТИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТЕРУАРУ	
Оксана Палінчак, Володимир Заверталюк	104
ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ДИНИ ЗВИЧАЙНОЇ ДО ОСНОВНИХ ХВОРОБ У ЗОНІ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ	
Володимир Свердлов, Юрій Карпенко	107
ФІТОРІЗНОМАНІТТЯ ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ОБ'ЄКТІВ УКРАЇНИ (НА ПРИКЛАДІ РЕГІОНАЛЬНИХ ЛАНДШАФТНИХ ПАРКІВ)	
Аліна Слюта	113
<i>HELIANTHUS TUBEROSUS</i> : ФІТОЦЕНОТИЧНА ПРИУРОЧЕНОСТІ У М. ЧЕРНІГОВІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ	
Олена Твердохліб, Галина Ткаченко, Руслана Волкова	116
МОРФОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ <i>VISCUM ALBUM L.</i>	
Ірина Шиндановіна	121
УНІКАЛЬНИЙ ЛОКАЛІТЕТ ДЕСМІДІЄВИХ НА ЧЕРНІГІВСЬКОМУ ПОЛІССІ – ПЕРСПЕКТИВНИЙ ЗАПОВІДНИЙ ОБ'ЄКТ ДЛЯ ОЗДОРОВЛЕННЯ ЛІСОВО-БОЛОТНИХ ЕКОСИСТЕМ	

Олександр Яковенко	124
РОЗШИРЕННЯ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОЇ МЕРЕЖІ ЛЕСОВИХ «ОСТРОВІВ» ЧЕРНІГІВСЬКОГО ПОЛІССЯ ТА ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ ЯК ШЛЯХ ДО ЗБЕРЕЖЕННЯ ЇХ ЕКОСИСТЕМ	
Aliya Abitay, Gaykhar Baitasheva, Elmira Imanova	127
INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN INTENSIVE DISTRIBUTION TO SOLVE ENVIRONMENTAL PROBLEMS	
Oleksandr Balko, Olga Balko, Liubov Zelena, Liliya Avdeeva	130
THE POTENTIAL OF PYOCINS IN PLANT DISEASES PREVENTING	
Yevhenii Bazylenko, Tetiana Marchenko	135
YIELD AND HARVEST MOISTURE CONTENT OF CORN HYBRIDS AT DIFFERENT SOWING DATES	
Lyudmyla Buyun, Halina Tkaczenko, Roman Ivannikov, Volodymyr Yakymets, Natalia Kurhaluk, Ivan Gurnenko, Lyudmyla Kovalska, Viktor Veselskyi	138
LEAF SURFACE MICROMORPHOLOGY AS A KEY TRAIT FOR ASSESSING THE PM REMOVAL POTENTIAL OF PLANTS TO IMPROVE INDOOR AIR QUALITY	
Mykola Grabovskyi, Mykola Stepanenko, Taras Panchenko, Lesya Kachan, Leonid Kozak	144
STARCH AND BIOETHANOL OUTPUT FROM CORN GRAIN DEPENDING ON THE FERTILIZATION SYSTEM	
Igor Dragovoz, Liubov Zelena, Liliya Avdeeva	147
<i>BACILLUS VELEZENSIS</i> 20F AS A POTENTIAL GROWTH STIMULANT AND PLANT BIOCONTROL AGENT: EXPERIMENTAL DATA IN FAVOUR OF THIS CONCLUSION	
Beata Koim-Puchowska, Piotr Kamiński, Piotr Puchowski, Natalia Kurhaluk, Tomasz Stuczyński, Halina Tkaczenko	152
ŚRODOWISKOWE UWARUNKOWANIA KONDYCJI ROŚLIN W WARUNKACH ZASOLENIA	
Piotr Kamiński, Beata Koim-Puchowska, Piotr Puchowski, Natalia Kurhaluk, Tomasz Stuczyński, Halina Tkaczenko	155
PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF PLANTS IN NATURAL SALINE ENVIRONMENTS	
Andrii Kovtun	158
METHODOLOGY OF COMPLEX ENTOMONEMATOLOGICAL MONITORING OF AGROCENOSES	
Volodymyr Polovyi, Liudmyla Yashchenko, Nadia Yuvchyk	161
WINTER WHEAT QUALITY AND ECONOMIC VIABILITY OF DIFFERENT MINERAL FERTILIZER RATES ON LIMED RETISOL	
Oleksandr Shablia, Volodymyr Knych, Nadia Kosenko, Vasyl Kokoiko, Nataliia Valentiuk	166
ASSESSMENT OF THE QUALITY OF WINTER SQUASH (<i>CUCURBITA MOSCHATA</i>) IN THE CONDITIONS OF MILITARY OPERATIONS IN THE SOUTH OF UKRAINE	

Cezary Tkaczuk, Danuta Sosnowska, Henryk Ratajkiewicz	
ENTOMOPATHOGENIC FUNGI AS BIOLOGICAL CONTROL AGENTS OF INSECT AND MITE PESTS	169
Nataliia Valentiuk, Yevgen Yurkevych, Olesya Drobit, Elgudzha Kulidzhanov, Oleksandr Duda	170
INFLUENCE OF STORAGE CONDITIONS ON THE SOWING QUALITIES OF AMARANTH SEEDS	
Anatolii Vlashchuk, Olesya Drobit, NataliiaValentiuk, Oksana Vlashchuk, Anatolii Tomnytskyi, Hennadii Ivanov	175
THE EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION RATES ON THE YIELD OF CONDITIONED SEEDS OF THE ANNUAL WHITE SWEET CLOVER IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH OF UKRAINE	
Raisa Vozhehova, Svitlana Petrenko	180
FEATURES OF DIGESTATE APPLICATION AS A COMPONENT OF ORGANIC SUBSTRATE IN MODERN TECHNOLOGIES OF GROWING CROPS	
2. ANIMAL HEALTH, WELFARE AND CLIMATE-ORIENTED ANIMAL FARMING	188
2. ЗДОРОВ'Я, ДОБРОБУТ ТВАРИН ТА ТВАРИННИЦТВО, ОРІЄНТОВАНЕ НА ЗМІНИ КЛІМАТУ	
Владислава Бовтун, Неллі Вербицька, Лариса Кладницька	188
МОЛОЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ КІЗ АНГЛО-НУБІЙСЬКОЇ ПОРОДИ В УКРАЇНІ	
Микола Богач, Віктор Панікар	190
МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ В КРОВІ КОРОПА ЗВИЧАЙНОГО, УРАЖЕНОГО <i>EUSTRONGYLIDES EXCISUS</i>	
Олексій Бровко, Сергій Лютих, Ірина Ткачова	192
МОЛОЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ КОБИЛ НОВООЛЕКСАНДРІВСЬКОЇ ВАГОВОЗНОЇ ПОРОДИ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК З ПАРАМЕТРАМИ ТІЛА І ВИМ'Я	
Марина Гаращук, Людмила Галузіна	195
ВПЛИВ АМАРАНТОВОЇ ОЛІЇ НА ПРОЦЕСИ МЕТАБОЛІЗМУ У ЛАБОРАТОРНИХ ЩУРІВ	
Алла Гунчак, Ольга Стефанишин, Ярослав Сірко, Богдан Кирилів	198
ВПЛИВ ЗМІНИ РАЦІОНУ НА ЯКІСНИЙ І КІЛЬКІСНИЙ СКЛАД МІКРОФЛОРИ КИШЕЧНИКУ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ	
Роман Гунчак¹, Василь Гунчак², Марія Солтис²	202
ВПЛИВ СПОСОБУ ІММОБІЛІЗАЦІЇ НА МОРФОЛОГІЧНИЙ ПРОФІЛЬ КРОВІ ОЛЕНІВ (<i>CERVUS ELAPHUS</i>)	
Віталія Діденко, Дмитро Постоєнко, Ігор Костіков, Віталій Недосєков, Володимир Постоєнко	206
МОЛЕКУЛЯРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ: СТАН ВИВЧЕНОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ В УКРАЇНІ	
Оксана Дроздова	209
ВПЛИВ РІЗНИХ ПІДХОДІВ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ГОДІВЛІ РЕМОНТНИХ ТЕЛИЦЬ НА ЇХ ПАРАМЕТРИ ЕКСТЕР'ЄРУ	

Тетяна Єлецька ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗАХИЩЕНИХ ПРОТЕЇНУ ТА КРОХМАЛЮ В ГОДІВЛІ МОЛОЧНИХ КОРІВ	213
Лариса Кладницька, Владислав Величко, Оксана Касьян, Дарина Філатова, Олександр Бородавко ФУНКЦІОНАЛЬНА НЕДОСТАТНІСТЬ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ В СОБАК	215
Лариса Кладницька, Катерина Міткевич, Вероніка Піскун ГАСТРОЕЗОФАГАЛЬНИЙ РЕФЛЮКС У СОБАК	218
Іван Помітун, Любов Паньків, Надія Косова ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ УТРИМАННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА РЕЗИСТЕНТНІСТЬ ЯГНЯТ	221
Галина Прусова, Володимир Дувін ВПЛИВ РІЗНИХ ФОРМ ПРОТЕЇНУ ТА ЕНЕРГІЇ В РАЦІОНАХ КОРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ МОЛОКУ ПРИ ЗМІНІ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ	226
Анатолій Ткачов СПОСІБ НОРМАЛІЗАЦІЇ В-КАРОТИНУ В ОРГАНІЗМІ МОЛОЧНОЇ ХУДОБИ	230
Михайло Уманець, Валерій Цвіліховський НУТРИЦІОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ КАЛЬЦІЮ ТА ФОСФОРУ НА РОЗВИТОК ІОНІЗОВАНОЇ ГІПЕРКАЛЬЦЕМІЇ КІШОК З ХРОНІЧНОЮ ХВОРОБОЮ НИРОК	233
Юлія Шкурай, Олександр Федун, Оксана Осьмачко СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ЗМІНОЮ ЧИСЕЛЬНОСТІ ГНІЗДОВОЇ ПОПУЛЯЦІЇ ГРАКА (<i>CORVUS FRUGILEGUS</i>) В М. ЧЕРНІГІВ У ПЕРІОД ВОЄННИХ ДІЙ	235
Віктор Яковчук, Анатолій Цвігун, Іван Тимофійшин М'ЯСНА ПРОДУКТИВНІСТЬ БАРАНЧИКІВ АСКАНІЙСЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ ПРИ НАГУЛІ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ	239
Natalia Admina, Oleksandr Admin RELATIONSHIP BETWEEN FERTILIZATION DAIRY CATTLE WITH THE SEASON AND AIR TEMPERATURE	245
Igor Goncharenko PROSPECTS OF USE OF BUFFALO BREED BULGARIAN MURRAH IN UKRAINE	250
Oleksandra Hranat, Nataliia Bogdanova, Vasyl Turunskiy THE BEHAVIOUR OF GOATS OF DIFFERENT BREEDS DEPENDING ON THE TEMPERATURE-HUMIDITY INDEX	254
Bohdan Liashenko, Nataliia Sorokina DIAGNOSIS OF FELINE LEUKEMIA VIRUS (FELV) USING EXPRESS TESTS AND REAL-TIME PCR	256
Ruslan Liubchykov AQUATIC ANIMALS AND PLANTS AS INDICATORS OF THE INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF POLLUTION OF WATER	258
Serhii Matiushko USE OF BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS ON AQUATIC ORGANISMS TO DETERMINE THE STATE OF THE WATER	261
Olha Mekhed CHANGES IN THE BIOCHEMICAL INDICATORS OF HYDROBIONTS IN	263

RESPONSE TO THE TOXIC EFFECT OF MYCOTOXIN T2 Oleksandr Mishchenko, Olesya Lytvynenko, Gennadiy Bodnarchuk, Leonid Romanenko, Kristin Afara, Dmytro Kryvoruchko	266
INFLUENCE OF CARBOHYDRATE-PROTEIN FEEDING IN THE SPRING ON THE DEVELOPMENT OF BEE COLONIES Olga Panchenko, Tetiana Markina	268
PRESERVATION OF THE COLLECTION OF SILKWORM (<i>BOMBYX MORI</i> L.) AS AN OBJECT OF THE NATIONAL HERITAGE OF UKRAINE IN MODERN CONDITIONS Hanna Petkun, Vitalii Nedosekov	270
AWARENESS OF UKRAINIANS REGARDING THE COWS WELFARE ON DAIRY FARMS Lidiia Polotnianko	272
ACCUMULATION OF MYCOTOXINS IN THE BODIES OF AQUATIC ANIMALS AS A RESULT OF WATER POLLUTION Artem Saienko, Mykyta Peka, Oleksandr Tsereniuk	274
POLYMORPHISM OF <i>ESR1</i> , <i>PRLR</i> , AND <i>VRTN</i> GENES IN THE MYRHOROD PIG BREED Mykola Shabash	278
BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLOOD SERUM OF COWS OF DIFFERENT BREEDS DAIRY PRODUCTIVITY AREA Olha Stefanyshyn, Alla Hunchak	279
THE EFFECT OF <i>PHAFFIA RHODOZYMA</i> YEAST BIOMASS UNDER DIFFERENT APPLICATION REGIMES ON THE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE COMPOSITION OF THE GUT MICROBIOTA IN LABORATORY ANIMALS UNDER CONDITIONS OF EXPERIMENTAL DYSBIOSIS Pavlo Sharandak, Iryna Kondratok	284
CLINICAL CASE: FELINE THROMBOEMBOLISM – FRAXIPARIN EXPERIMENT Iryna Tkachova	287
GENETIC RESOURCES OF HORSES IN UKRAINE AND DIRECTIONS OF THEIR EFFECTIVE USE Sergii Zinoviev, Maria Pushkina, Svitlana Manyunenko, Oleksii Khorolskyi	294
QUALITY OF PIG PRODUCTS WITH THE USE OF PHYTOADDITIVES	
3. MEDICINE AND ECO-MEDICINE	301
3. МЕДИЦИНА І ЕКОМЕДИЦИНА	
Анна Апецько¹, Алла Жиденко² ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЯ ОДИН З МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ СТУДЕНТІВ	301
Сергій Геращенко, Олександр Лукаш ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНІ ФАКТОРИ, ЯКІ НЕГАТИВНО ВПЛИВАЮТЬ НА ПСИХО-ЕМОЦІЙНЕ ЗДОРОВ'Я ВОДІЇВ	303

Сергій Петров, Вячеслав Данчук, Костянтин Заруба, Ірина Антонік, Олександр Корнік, Інна Гришова, Сніжана Чернадчук, Олександр Будняк ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ТІОХРОМУ НА КЛІНІКО-БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ БЛИХ ЩУРІВ	308
Валентина Торяник, Аліна Горпиненко ПОШИРЕНІСТЬ МАРКЕРІВ ГЕПАТИТУ В І ГЕПАТИТУ С СЕРЕД ДОНОРИВТОВ «ЦСК «БІОФАРМА ПЛАЗМА» СУМСЬКОГО ВІДДІЛЕННЯ ЗАГОТІВЛІ КРОВІ ТА ЇЇ КОМПОНЕНТІВ	310
Rafał Bilski, Piotr Kamiński, Halina Tkaczenko, Tomasz Stuczyński, Natalia Kurhaluk CZYNNIKI ŚRODOWISKOWE I POLIMORFIZMY GENOWE A ZESZTYWNIAJĄCE ZAPALENIE STAWÓW KRĘGOSŁUPA	312
Piotr Kamiński, Zbigniew Guzera, Halina Tkaczenko, Tomasz Stuczyński, Natalia Kurhaluk ZANIECZYSZCZENIE ŚRODOWISKA, POLIMORFIZMY GENOWE I REAKCJE OBRONNE A AKTYWNOŚĆ ZAPALNA I IMMUNOLOGICZNA U CHORYCH Z TOCZNIEM RUMIENIOWATYM UKŁADOWYM	315
Piotr Kamiński, Piotr Ignaczak, Natalia Kurhaluk, Tomasz Stuczyński, Halina Tkaczenko POLIMORFIZMY GENOWE I STĘŻENIA PIERWIASTKÓW CHEMICZNYCH W ARTROPATIACH WIELOSTAWOWYCH	321
Piotr Kamiński, Małgorzata Lorek, Natalia Kurhaluk, Tomasz Stuczyński, Halina Tkaczenko ŚRODOWISKOWE I GENETYCZNE UWARUNKOWANIA UZALEŻNIEŃ U CHORYCH PRZYJMUJĄCYCH SUBSTANCJE PSYCHOAKTYWNE	324
Piotr Kamiński, Sylwia Brodzka, Halina Tkaczenko, Tomasz Stuczyński, Natalia Kurhaluk ŚRODOWISKOWE I IMMUNOGENETYCZNE UWARUNKOWANIA ZWYRODNIENIA PLAMKI ŻÓLTEJ	328
Piotr Kamiński, Katarzyna Rektor, Halina Tkaczenko, Tomasz Stuczyński, Natalia Kurhaluk CZYNNIKI ŚRODOWISKOWE I ZMIANY GENETYCZNE W ZAĆMIE	331
Piotr Kamiński, Anna Dobrzańska, Natalia Kurhaluk, Tomasz Stuczyński, Halina Tkaczenko CZYNNIKI ZEWNĘTRZNE I WEWNĘTRZNE ŚRODOWISKA U LUDZI Z RETINOPATIĄ CUKRZYCOWĄ	333
Piotr Kamiński, Anna Ossowska, Natalia Kurhaluk, Tomasz Stuczyński, Halina Tkaczenko ZMIANY OBRAZU KRWI CZŁOWIEKA W WARUNKACH STRESU ŚRODOWISKOWEGO	337
Piotr Kamiński, Urszula Marzec-Wróblewska, Ewelina Kijewska, Jędrzej Baszyński, Natalia Kurhaluk, Tomasz Stuczyński, Halina Tkaczenko KONDYCJA NASIENIA LUDZKIEGO NA TERENACH ZDEGRADOWANYCH	341
Piotr Kamiński, Ewelina Kijewska, Urszula Marzec-Wróblewska, Jędrzej Baszyński, Natalia Kurhaluk, Tomasz Stuczyński, Halina Tkaczenko	344

ŚRODOWISKOWE I IMMUNOGENETYCZNE DYSFUNKCJE POTENCJAŁU ROZRODCZEGO MĘŻCZYŹN	
Piotr Kamiński, Jędrzej Baszyński, Urszula Marzec-Wróblewska, Ewelina Kijewska, Natalia Kurhaluk, Tomasz Stuczyński, Halina Tkaczenko	347
ŚRODOWISKOWE ZABURZENIA PŁODNOŚCI MĘSKIEJ	
Piotr Kamiński, Monika Wieloch, Halina Tkaczenko, Tomasz Stuczyński, Natalia Kurhaluk	350
UWARUNKOWANIA MOŻLIWOŚCI OBRONY ANTYOKSYDACYJNEJ CZŁOWIEKA	
Piotr Kamiński, Karolina Bombolewska, Halina Tkaczenko, Tomasz Stuczyński, Natalia Kurhaluk	353
POLIMORFIZMY GENOWE WARUNKOWANE ŚRODOWISKOWO A RAK JELITA GRUBEGO U LUDZI	
Piotr Kamiński, Agnieszka Wiśniewska, Halina Tkaczenko, Tomasz Stuczyński, Natalia Kurhaluk	357
CZYNNIKI ŚRODOWISKOWE A KONDYCJA UKŁADU KOSTNO-STAWOWEGO CZŁOWIEKA	
Piotr Kamiński, Joanna Dróżdż-Afelt, Halina Tkaczenko, Tomasz Stuczyński, Natalia Kurhaluk	362
PIERWIASTKI CHEMICZNE, POLIMORFIZMY I OBRONA ANTYOKSYDACYJNA U CHORYCH NA RAKA STERCZA	
Piotr Kamiński, Karolina Sar, Halina Tkaczenko, Tomasz Stuczyński, Natalia Kurhaluk	366
ŚRODOWISKOWE I GENETYCZNE ZMIANY MECHANIZMÓW OBRONNYCH U LUDZI Z CHOROBY METABOLICZNYMI UKŁADU KOSTNO-STAWOWEGO	
Marina Gorbenko, Olena Hasiuk, Serhii Beschasnyi	370
MELATONIN INCREASES THE ACTIVITY OF THE IMMUNE SYSTEM UNDER CONDITIONS OF CHRONIC STRESS	
Nataliia Korniienko, Alla Kharina, Olha Liutko, Vadym Poniatovsky, Oleksandr Linenko, Ivan Moisa, Illia Pozhylov, Iryna Budzanivska, Halyna Snihur, Olena Andriichuk, Oleksiy Shevchenko	373
BACTERIOPHAGES AS A TOOL FOR THE CONTROL OF <i>PSEUDOMONAS AERUGINOSA</i> INFECTIONS IN TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS	
Yulia Lytvynenko, Tetiana Krupodorova	377
EFFECT OF CULTURE MEDIUM OF THE CULTURAL AND MORPHOLOGICAL GROWTH OF <i>IODOPHANUS CARNEUS</i> AS POTENTIAL BIOTECHNOLOGICAL FUNGUS	
Tetiana Tiupova, Halina Tkaczenko, Urszula Osmólska, Oleksandr Lukash, Natalia Kurhaluk	381
BLOOD BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS AFTER <i>IN VITRO</i> INCUBATION WITH GREATER CELANDINE (<i>CHELIDONIUM MAJUS</i> L.) EXTRACTS	
Halina Tkaczenko, Lyudmyla Buyun, Igor Kharchenko, Lyudmyla Kovalska, Maryna Opryshko, Myroslava Maryniuk, Oleksandr Gyrenko, Natalia Kurhaluk	384
ANTIOXIDANT ACTIVITY OF EXTRACTS FROM <i>CAMELLIA JAPONICA</i> L.	

4. MODERN APPROACHES TO ENSURING AND ASSURING FOOD SAFETY AND QUALITY	389
4. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	
Галина Бабаєва, Вікторія Войтенко, Інна Дегтяр, Володимир Степанов	389
ГЕНОТИПИ ШОВКОВИЧНОГО ШОВКОПРЯДА (<i>BOMBYX MORI L.</i>) ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО ШОВКІВНИЦТВА	
Людмила Лазарева, Лариса Акименко	393
ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ МЕДУ З ГРЕЧКИ 2020-2022 РОКІВ	
Марина Мардар, Лариса Агунова, Софія Сивак	396
ГАРАНТУВАННЯ БЕЗПЕЧНОСТІ І ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ДЕРЖАВНОГО ЗАКОНОДАВСТВА	
Ірина Маслій	400
БДЖОЛИНИЙ МЕД – ІНДИКАТОР ВЕТЕРИНАРНО-САНІТАРНОГО СТАНУ ПАСІК	
Любов Ткаченко, Любов Паляниця	404
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ДРІЖДЖІВ	
Володимир Шабля, Петро Шабля, Тетяна Данілова, Ірина Задорожна	407
КІЛЬКІСТЬ ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН ЗА ВИКОРИСТАННЯ КОРМІВ РІЗНИХ ВИДІВ	
Iryna Bidnyna, Vira Borovik, Pavlo Lykhovyd, Oleksandr Uhrin	411
SPECIFICS OF NEW SOYBEAN VARIETIES BREEDING IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH OF UKRAINE	
Vitaliy Petrash, Iryna Tkachova, Valeriy Marchenko	413
PARAMETERS OF MICROBIAL CONTAMINATION OF MILK IN RELATION TO MODERN QUALITY STANDARDS	
Valentina Samokhvalova, Olga Bondareva, Oleksandr Vinyukov	419
METHOD FOR ENSURING THE SAFETY OF AGRICULTURAL PRODUCTS UNDER MILITARY AND TECHNOGENIC INFLUENCES ON SOIL-PLANT SYSTEM	
Natalia Tymoshok, Maxim Kharchuk, Volodymyr Bityutskyu, Svetlana Tsekhmistrenko	422
NANO SELENIUM SYNTHESIZED USING (<i>BACILLUS SUBTILIS</i> IMB B-7392 AND IMB B-7393) AND <i>LACTOBACILUS PLANTARUM</i> IMB B-7679	
Raisa Vozhehova, Iryna Bidnyna, Pavlo Lykhovyd, Yevhen Hnylytskyi, Valerii Kozyriev	425
MAIZE CULTIVATION TECHNOLOGY OPTIMIZATION IN THE IRRIGATED CONDITIONS OF THE SOUTH OF UKRAINE	

5. DIGITAL TRANSFORMATION IN CROP AND LIVESTOCK PRODUCTION: INTRODUCTION OF NEW TECHNOLOGIES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE	428
5. ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ В РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ: ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	
Микола Артюх, Ніна Мулюкіна	428
АНАЛІЗ НАПРЯМКІВ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ФІТОПАТОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ВИНОГРАДУ	
Iryna Antonik, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk, Oleksii Danchuk, Serhii Petrov, Oleksandr Blazhko, Serhii Kondratiev, Vitalii Nedosekov	431
EXPLORING ALTERNATIVE APPROACHES: INTEGRATING ESSENTIAL OILS IN ANIMAL FARMING THROUGH ARTIFICIAL INTELLIGENCE	
Iryna Antonik, Oleksii Danchuk, Kostiantyn Zaruba, Vyacheslav Danchuk, Oleksandr Blazhko, Serhii Kondratiev, Vitalii Nedosekov	439
ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A CATALYST FOR EFFECTIVE SELECTION IN SHEEP BREEDING: MODERN STRATEGIES AND ACHIEVEMENTS	
Yurii Kernasiuk, Oleh Haidenko	444
MODERN RESEARCH ON THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE DIGITAL TRANSFORMATION OF AGRICULTURE	
Pavlo Lykhovyd, Raisa Vozhehova, Liudmyla Hranovska	449
DISCRIMINANT ANALYSIS AND LOGISTIC REGRESSION IN IRRIGATED CROPLAND DETECTION USING REMOTELY SENSED NORMALISED DIFFERENCE VEGETATION INDEX	

ПЛЕНАРНИ ДОПОБИДІ
PLENARY REPORTS

Magdalena Piekutowska

INNOWACYJNE METODY PROGNOZOWANIA PLONÓW ROŚLIN
UPRAWNYCH: ANALIZA MODELI LINIOWYCH I NIELINIOWYCH
NA PRZYKŁADZIE BARDZO WCZESNYCH ODMIAN ZIEMNIAKA
(*SOLANUM TUBEROSUM* L.)

Instytut Biologii, Uniwersytet Pomorski w Słupsku, 76-200 Słupsk, Polska

E-mail: magdalena.piekutowska@upsl.edu.pl

Słowa kluczowe: modele liniowe i nieliniowe, ziemniak bardzo wczesny, prognoza plonów, sztuczne sieci neuronowe, regresja wieloraka

Prognozowanie, czyli racjonalne i naukowe przewidywanie przyszłych zdarzeń, jest kluczowe dla zmniejszenia ryzyka w procesie podejmowania decyzji, szczególnie w rolnictwie. W kontekście zarządzania produkcją rolniczą, prognozy przed zbiorem roślin uprawnych mogą znacząco zwiększyć plon. Celem niniejszej pracy było stworzenie modeli liniowych i nieliniowych do prognozowania plonu bulw bardzo wczesnych odmian ziemniaka w oparciu o dane z lat 2017-2022, pochodzące z Pomorskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Lubaniu oraz jednostek terenowych Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych.

Modele liniowe zostały opracowane przy użyciu analizy liniowej regresji wielorakiej, natomiast modele nieliniowe zbudowano z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych. Modele te prognozują plon bardzo wczesnych odmian ziemniaka na dzień 20 czerwca (wczesny zbiór). W tworzeniu modeli wykorzystano różnorodne dane agronomiczne, fitofenologiczne oraz meteorologiczne, które miały istotny wpływ na dokładność prognoz. Walidację modeli przeprowadzono na odrębnych zestawach danych, które nie były używane w procesie budowy modeli, co pozwoliło na rzetelną ocenę ich efektywności.

Do walidacji modeli zastosowano sześć mierników błędów prognozy: globalny względny błąd aproksymacji modelu (RAE), błąd średniokwadratowy (RMS), błąd średni bezwzględny (MAE), błąd średni bezwzględny procentowy (MAPE), błąd maksymalny (MAX) oraz błąd maksymalny procentowy (MAXP). Wyniki analiz wykazały, że opracowane modele osiągnęły błędy prognozy nie przekraczające 15% MAPE, co wskazuje na ich wysoką precyzję. W szczególności, model neuronowy NP1 przewyższał model regresyjny RP1 pod względem jakości i dokładności prognoz *ex post*.

W obliczu globalnych zmian klimatycznych oraz rosnącej liczby ludności, efektywne prognozowanie plonów rolniczych nabiera coraz większego znaczenia. Precyzyjne prognozy plonów mogą pomóc rolnikom w podejmowaniu bardziej świadomych decyzji dotyczących zarządzania uprawami, co przyczynia się do zwiększenia efektywności produkcji rolniczej. Przeprowadzone badania wskazują, że

sztuczne sieci neuronowe są wartościowym narzędziem w prognozowaniu plonu bardzo wczesnych odmian ziemniaka. Wyniki te są szczególnie istotne dla rolników, agronomów oraz decydentów, którzy mogą wykorzystać te prognozy do optymalizacji swoich strategii produkcyjnych.

Dalsze badania będą koncentrować się na porównawczej analizie modeli ANN z innymi technikami uczenia maszynowego, takimi jak lasy losowe (RF) i konwolucyjne sieci neuronowe, co pozwoli na dalsze udoskonalenie metod prognozowania plonów rolniczych. Wprowadzenie bardziej zaawansowanych technik może jeszcze bardziej zwiększyć dokładność i użyteczność prognoz, co będzie miało bezpośrednie przełożenie na praktyki rolnicze i zarządzanie zasobami.

Yaroslav Likar¹, Raisa Vozhehova²

**ENERGY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE USE OF BIOLOGIZED
AGROTECHNOLOGIES FOR CORN CULTIVATION**

¹*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 01041, Ukraine;*

²*Institute of Climate Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Khlybodarske, Bilyaiovsky district, Odesa region, 67667, Ukraine*

E-mail: izz.biblio@ukr.net

Keywords: *corn hybrids, economic efficiency, energy efficiency, elements of technology*

Introduction. When analysing the technology of growing corn hybrids on irrigated land in the south of Ukraine, it is possible to conclude that it requires considerable expenditure of material resources, which is compensated by profit and profitability based on the results of the sale of finished products (grain). At the initial stage it is necessary to plan the costs of resources with the help of technological maps, which should predict the costs of irrigation, application of mineral fertilizers, pesticides, biological preparations, soil treatments, harvesting, etc. [1].

Under the conditions of climate change and the use of intensive agricultural production technologies, disruption of crop rotations and unbalanced application of mineral fertilisers, the pressure of pests and diseases on agricultural crops has increased, as has the level of potential clogging of the arable layer of the soil with weeds [2]. According to the FAO, annual crop losses due to insects, weeds and diseases are estimated at 20-40%, similar to 50 years ago [3].

Materials and methods. The study was conducted in 2017–2019 at the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS (now the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine). Factor A studied different maturity groups of corn hybrids selected by the Institute of Irrigated Agriculture of the NAAS: Stepovyi, Skadovs`kyi, Inhul`s`kyi, Chonhar, Arabat. Factor B – protection system: control, water treatment; biological; chemical; integrated. The cultivation technology of corn was generally accepted for irrigated conditions and met the requirements of corn production technologies for agroecological conditions of the Steppe zone of Ukraine [4].

Results and discussion. During the years under study, an evaluation of economic indicators was carried out in order to assess the economic efficiency of the studied technological elements as comprehensively and accurately as possible. The cost of gross production and other economic indicators of corn hybrids are taken at the prices that have actually developed in Ukraine (<https://ukrse.com.ua/>). In order to determine the economic efficiency of using of different FAO groups of corn hybrids, an analysis of the economic efficiency of corn grain cultivation was carried out depending on the influence of the studied factors. At the same time, generally accepted production standards, current prices for various types of work, etc. were selected. They were adopted in accordance with the established norms, regulations and standards recommended for grain production in Ukraine.

To calculate the cost of gross production from 1 ha of corn sown area, the main type of production was taken as corn grain. The economic evaluation of the results of our research shows that the fluctuation of the indicators of the cost of gross production during the cultivation of corn fluctuates in directions related to the yield of the crop. The lowest cost of gross production was 2.49 thousand euro per ha for the Stepovyi hybrid (FAO 180). Moreover, the maximum (5.56 thousand euro per ha) of this indicator was formed in the variant with Arabat hybrid (FAO 430), which is 2.3 times more than in the above variant. In the Chonhar hybrid (FAO 420), the cost of gross production for compliance with chemical and integrated pest management exceeded 4.0 thousand euro per ha.

The production costs spent on basic products for growing corn grain changed to a lesser extent in different variants of hybrid composition and plant protection, and increased in the direction from early-ripening to late-ripening hybrids, as well as from the control variant to biological, chemical and integrated, which can be explained by the increase in the costs of harvesting an additional crop, and also for the purchase and application of plant protection products. The minimum of this indicator is 1.90 thousand euro per ha in the control variant with the Stepovyi hybrid (FAO 180), and the maximum (2.30 thousand euro per ha) under integrated protection when growing the Arabat hybrid (FAO 430), exceeding the worst result by 21.4%.

A significant decrease in the cost of 1 tonne of corn grain to 0.17-0.19 thousand euro was observed in the variants with plant protection in the hybrid Arabat (FAO 430). The highest value of this indicator is up to 0.30-0.32 thousand euro per ton in the variant with the hybrid Stepovyi (FAO 180) in experimental plots without plant protection, as well as with biological and chemical plant protection. In other studied hybrids Skadovs`kyi (FAO 290), Inhul`s`kyi (FAO 350), Chonhar (FAO 420) this indicator occupied an intermediate value and ranged from 2.11 to 2.94 thousand euro per ton. In terms of conditional net income, the advantage of Arabat hybrid (FAO 430) was shown. At the same time, the increase of this indicator was recorded to 2.54; 2.87; 3.26 thousand euro per ha. Therefore, in comparison with the worst result of the field trial (the control variant in the hybrid Stepovyi (FAO 180) – 0.59 thousand euro per ha), the net profit decreased by 4.3, 4.9, 5.5 times, respectively.

The level of profitability exceeded 100% for the Chonhar hybrid (FAO 420) in areas with integrated pest management, as well as for all variants of factor B in the Arabat hybrid (FAO 430). Its minimum value in the range of 31.1-36.7% appeared in the hybrid Stepovyi (FAO 180) in the control variant as well as under chemical plant protection.

The purpose of energy analysis in agricultural production is to optimise energy costs based on the study of energy flows at the 'input' and 'output' of the crop production system. The total energy used in the production of plant products should not exceed the energy of the crop obtained, accumulated in the process of photosynthesis [5]. The assessment of bioenergy is particularly dependent on the intensification of agricultural production, as this is followed by an increase in the energy intensity of crop cultivation, which requires detailed calculations of the energy consumption of all technological operations. This method allows the most accurate study and unambiguous expression of both the direct energy costs of technological processes and operations, as well as the energy invested in the means of production and the products obtained through energy equivalence. This, in turn, makes it possible to identify and implement energy-saving technologies and increase the energy efficiency of crop production [6].

It is common to estimate the energy input by the size of the biological harvest produced by the crop, which includes not only the amount of the main product, but also the mass of stalks, leaves and roots, which is very difficult to estimate energetically. Therefore, scientists believe that this problem should be divided into two parts – the evaluation of the efficiency of production and the efficiency of the functioning of the agroecosystem [7]. The amount of energy input and output depended significantly on the amount of grain yield and the technological methods of cultivation that were studied. Depending on one or another combination of experimental options, the increase in energy varied.

As a result of the dry conditions in 2019, there was a slight decrease in energy input at harvest in the field with corn hybrids. There was an increasing trend in this indicator from early to late hybrids and from control to chemical and integrated pest management options. More than 80 GJ per ha of energy input occurred in the variant with a late-maturing hybrid and the use of chemical and integrated pest management. Its decrease by more than 2 times occurred in the control variant of factor B in the plots of Stepovyi (FAO 180).

The energy consumption was also minimal (31.5 GJ per ha) in the above mentioned variant. It increased by 20.3% (up to 37.9 GJ per ha) in the Arabat hybrid with integrated pest management. This can be explained by the increase in energy costs for harvesting an additional crop, as well as the additional costs for plant protection, especially for integrated protection. The indicator of total energy increase showed large differences. For example, it reached 45.8-49.1 GJ per ha in the variant with chemical and integrated protection for the cultivation of Arabat hybrid (FAO 430). In the control variant of the Stepovyi hybrid (FAO 180), the energy gain

decreased by 4.3-4.5 times (to 11.0 GJ per ha).

The coefficient of energy efficiency showed a clear tendency to increase above 2.0, starting with the hybrid Inhul's'kyi (FAO 350) with chemical protection. Moreover, the highest value of this energy indicator – 2.29 – was recorded for the cultivation of the late-maturing hybrid Arabat (FAO 430) with integrated pest management. The lowest coefficient of energy efficiency (1.35) was obtained in the first position of the field trial – hybrid Stepovyi (FAO 180) on the control variant (treatment with clean water). The difference between the maximum and minimum values of this indicator was 69.6%.

The energy content of the corn grain grown also fluctuated according to the dependencies shown by the other indicators discussed above. Its decrease to 3.41-3.48 GJ per tonne was manifested in the variants with integrated and chemical protection on the hybrid of the late-maturing Arabat group (FAO 430). This indicator increased significantly by 67.3-69.8% in the variant where the Stepovyi hybrid (FAO 180) was grown without the use of biological or chemical plant protection.

Conclusions. The highest conditional net profit and profitability of hybrids of all FAO groups was observed under the integrated method of plant protection. The lowest cost of production was observed in the hybrid Arabat (FAO 430) – 0.17-0.19 thousand euro per ton. The maximum value of conditional net profit is 2.26 and 3.26 thousand euro per ha was observed in mid-late hybrids Chonhar (FAO 420) and Arabat (FAO 430) under integrated plant protection systems. The mid-late hybrid Arabat (FAO 430) showed the highest level of profitability of 117-141%. The mid-late hybrids Chonhar (FAO 420) and Arabat (FAO 430) are the most profitable to grow under integrated pest management systems. Calculations of energy efficiency showed that with the introduction of such elements as the use of different methods of plant protection into the technology of corn cultivation, the increase in energy increased significantly from 11.0 in the Stepovyi hybrid (FAO 180 on the control variant) to 49.1 in the Arabat hybrid (FAO 430) under the integrated method of protection.

References

1. Vozhehova, R., Marchenko, T., Lavrynenko, Y., Piliarska, O., Zabara, P., Zaiets, S., Tyshchenko, A., Mishchenko, S., & Kormosh, S. (2022). Productivity of lines – parental components of maize hybrids depending on plant density and application of biopreparations under drip irrigation. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 22(1), 695–704.
2. Ivashchenko, O.O., & Remenyuk, S.O. (2018). Problems of potential soil contamination in Ukraine. *Herald of Agrarian Science*, 8, 58–69.
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Electronic resource], URL: <http://www.fao.org>.
4. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). Methodology of field experiment (Irrigated agriculture). Kherson, Hrin D.S., 448 p.
5. Kalinichenko O.V. (2018). The theoretical essence of the categories "energy efficiency" and "energy efficiency in crop production". *Economy of Agro-Industrial Complex*, 10, 86–95.
6. Repilevskiy, D.E., & Ivaniv, M.O. (2021). Economic and energy assessment of growing hybrids of corn of different FAO groups depending on irrigation methods in the conditions of the southern

steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Bulletin*, 120, 131–140.

7. Revtyo O.Ya. (2013). Energy efficiency of growing corn for grain under irrigation. *Scientific Publications of the Institute of Bioenergy Crops and Sugarbeet*, 17(1), 279–283.

Mykola Ovcharenko

OCHRONA PASOŻYTÓW: NONSENS CZY KONIECZNOŚĆ?

Instytut Biologii, Uniwersytet Pomorski w Słupsku, 76-200 Słupsk, Polska

E-mail: mykola.ovcharenko@upsl.edu.pl

Słowa kluczowe: pasożyty, różnorodność biologiczna, ekologia pasożytów, równowaga ekosystemu, znaczenie pasożytów, pasożyty a zdrowie ekosystemu

Pasożytnictwo jako sposób egzystencji jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych form życia. Trudno znaleźć organizm żywy niezasiedlony innymi formami życia. Każdy osobnik (również pasożytniczy) może spełniać funkcję siedliska dla innych organizmów żywych lub patogenów o strukturze niekomórkowej, takich jak wirusy czy wiroidy. Związek pasożyta i żywiciela jest zawsze antagonistyczny, ponieważ żywiciel nie odnosi korzyści z tego rodzaju symbiozy, dlatego stara się na różne sposoby wyeliminować intruza. Jednak często koszt wytworzenia przez żywiciela „niegościnnego” środowiska dla pasożyta jest zbyt wysoki i zagraża istnieniu populacji żywicielskiej poprzez obniżenie zdolności konkurencyjnej. W takim przypadku o wiele „taniej” jest tolerować pasożyta, udostępniając mu część własnej energii, niż „za wszelką cenę” starać się go pozbyć, innymi słowami „zwycięstwo kosztuje więcej niż sama wojna” [5]. Wtedy powstaje związek pasożyt – żywiciel, w którym ostatni nie jest w stanie całkowicie zlikwidować pasożyta i „broni się tylko tyle ile potrzeba, aby utrzymać pasożyta na znośnym poziomie” [4], natomiast pasożyt nie niszczy całkowicie żywiciela, aby nie ryzykować utraty stabilnego siedliska.

W toku koewolucji powstają adaptacje skierowane na wzajemną tolerancję i dążenie do coraz mniej agresywnych form interakcji obu partnerów. Wskutek konkurencji pomiędzy pasożytami eksploatującymi jednego żywiciela może powstać sytuacja, kiedy mniej patogeniczne gatunki (o długiej historii koewolucyjnej), zajmując poszczególne siedliska w żywicielu, „osłaniają” go przed atakiem nowych i wysoce patogenicznych form życia. Długotrwałe interakcje pomiędzy pasożytami a żywicielami na różnych szczeblach, od osobniczego do populacyjnego i gatunkowego, prowadzą do wytworzenia kruchej równowagi, która przy zmianie odporności żywiciela może doprowadzić do powstania choroby lub nawet śmierci jednego lub obu partnerów [6]. Pasożyty pełnią rolę efektywnych regulatorów liczebności żywicieli w sposób o wiele elastyczny w porównaniu z drapieżnikami, nie zabijając bezwzględnie żywiciela lecz zmieniając jego zdolności konkurencyjne. Według Vávry i Lukeša (2013) pasożytnictwo, określane jako jedna z form strategii wspólnego egzystowania (ang. *living-together*), przedstawia dynamiczny system, w którym pasożyt i jego żywiciel, znajdując się pod presją ewolucji, wytwarzają nowe i

specyficzne adaptacje, umożliwiające ich współistnienie w postaci dwóch wzajemnie oddziałujących na siebie partnerów [23].

Obiektywne podejście do definicji pasożytnictwa komplikuje również tradycyjne antropocentryczne przekonanie, że pasożyt zawsze powoduje szkodę. Definicja Croftona (1971) przewidywała zmianę koncepcji szkodliwości pasożyta z obligatoryjnej na potencjalną (pasożyt jest w stanie zabić żywiciela zależnie od występowania innych czynników) [6]. Zarówno w tym przypadku, jak i w późniejszych definicjach akcent na szkodliwy charakter pasożytniczych asocjacji został złagodzony biologicznym podejściem do charakterystyki zjawiska. Jednak w wielu podręcznikach z zakresu parazytologii stosowanej koncepcja obligatoryjnej szkodliwości pasożyta jest nadal rozpatrywana jako podstawowa. Większość społeczeństwa traktuje pasożytów jako szkodliwy element ekosystemu podlegający eliminacji. Po wielu dekadach ignorowania w badaniach ekologicznych, pasożyty są coraz częściej uznawane za wpływowych graczy w ekosystemach – zarówno ze względu na ich pozytywny wpływ na funkcjonowanie ekosystemu, jak i negatywny wpływ na cenne gatunki żywicielskie [16, 24]. Chociaż mogą mieć negatywny wpływ na kondycję swoich żywicieli, pasożyty pełnią również istotne funkcje ekologiczne na poziomie ekosystemu, zapewniając regulację populacji żywicieli, ułatwiając przepływ biomasy i zwiększając łączność sieci pokarmowej [17]. Zakażenia pasożytami mogą chronić żywicieli przed chorobami o podłożu immunologicznym, takimi jak alergie i choroby autoimmunologiczne, a także tłumić szkodliwą reakcję zapalną żywiciela [1, 18]. Obecność pasożytów jest indykatorem zdrowia ekosystemu [13].

Dewastacja i odrobaczanie okazało się błędną strategią, zbudowaną na antropocentrycznym podziale wszystkich istot żywych na pożyteczne i szkodliwe. W praktyce takie działania doprowadzają do powstania wolnych nisz ekologicznych, które niewątpliwie zostaną wypełnione innymi organizmami żywymi, być może bardziej destrukcyjnymi dla żywicieli. Większość prób zatrzymania transmisji malarii poprzez takie środki, jak eliminacja komarów za pomocą pestycydów i opracowanie szczepionki przeciwko malarii nie doprowadzili do znaczącego obniżenia globalnej liczby zakażeń z powodu wzrostu oporności pasożytów na leki, zarówno jak oporności komarów na pestycydy oraz niepowodzenia szczepień z powodu mutacji pasożytów [8].

Podobne problemy obserwowano w przypadku innych ekonomicznie istotnych grup pasożytów wywołujących choroby u zwierząt hodowlanych, drobiu i zwierząt domowych [2, 15]. Pojawienie się na rynkach zaawansowanych technologicznie leków o szerokim spektrum działania spowodowało konieczność przeprowadzania regularnych, coraz kosztowniejszych kuracji przeciw pasożytniczych, a środki wydane na otrzymanie produktów często przewyższają środki na ich realizację. Powstaje problem, którego rozwiązanie wymaga opracowania nowej strategii regulacji liczebności pasożytów. Istotnym założeniem powstania nowej strategii było potraktowanie pasożytnictwa jako ścisłego związku organizmów, którego głównym celem jest osiągnięcie trwałej równowagi ekologicznej [10]. Przejawem dobrego stanu

populacji zamieszkujących siedlisko nie jest brak pasożytów, lecz brak chorób pasożytniczych, a duża różnorodność biologiczna pasożytów jest jednym z warunków stabilności ekosystemu. Główną rolę w nowej strategii przypisuje się zwiększeniu naturalnej odporności żywicieli i tworzeniu zrównoważonych symbiocenoz.

W przypadku poszczególnych żywicieli pasożyty zwiększają zapotrzebowanie na energię, powodując zmniejsza wzrostu, płodności i przeżywalności [12], ale te na zewnątrz negatywne skutki dla kondycji żywiciela mogą być kompensowane pozytywnymi konsekwencjami, takimi jak poprawa normalnego funkcjonowania układu odpornościowego żywiciela [18, 22], regulacja mikrobiomu żywiciela, indukowanie specyficznej interakcji między mikrobiotą jelitową a odpowiedziami immunologicznymi żywiciela [3, 14] i zapewnianie ochrony przed zanieczyszczeniami, takimi jak metale ciężkie [9, 13]. Pasożyty mogą działać jako gatunki kluczowe, umożliwiając współistnienie konkurencyjnych gatunków, jednocześnie obniżając dominację silnych konkurentów [19].

Podsumowanie. Naukowcy podkreślili funkcjonalne znaczenie pasożytów w zachowaniu zdrowia poszczególnych żywicieli, populacji żywicieli i całych ekosystemów, aby zwiększyć świadomość ochrony pasożytów [11, 21]. Niemniej jednak niektóre pasożyty stanowią poważne zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt; dlatego musimy znaleźć odpowiednią równowagę między obciążeniem pasożytami, kondycją fizjologiczną ludzi i zwierząt oraz jakością ekosystemu, jednocześnie przestrzegając obecnej koncepcji jednego zdrowia [7, 14, 20, 21]. Aby osiągnąć tę równowagę, zarządzanie pasożytami musi polegać na odpowiednich strategiach leczenia, zapobiegania i kontroli oraz ich właściwej realizacji w terenie [9]. Badania nad zarządzaniem pasożytami mogą służyć jako łącznik między naukami o zdrowiu i środowisku, umożliwiając osiągnięcie celu koncepcji jednego zdrowia poprzez interdyscyplinarne i holistyczne podejście [9].

W naturalnych ekosystemach stosowanie leków przeciw pasożytniczych o szerokim spektrum działania jest skrajnie niepożądane, gdyż stwarzają one bezpośrednie warunki wstępne do szybkiej i jednoczesnej kolonizacji żywicieli uwolnionych od pasożytów przez nowe patogeny. Zaleca się prowadzenie stałego monitorowania sytuacji parazytologicznej i tworzenie warunków zapobiegających spadkowi naturalnej odporności żywicieli na choroby pasożytnicze. W przypadku bezwzględnej konieczności zaleca się podjęcie działań chemioterapeutycznych, preferując leki o selektywnym spektrum działania, niszczące określone gatunki pasożytów lub etapy ich rozwoju. Duże perspektywy ma zastosowanie biologicznych regulatorów liczebności organizmów pasożytniczych (grzybów drapieżnych, nadpasożytów, konkurentów pokarmowych), co zwiększa bioróżnorodność i stabilność ekosystemu. W warunkach intensywnej hodowli stosowanie leków o szerokim spektrum działania jest nieuniknione, natomiast głównymi celami działań profilaktycznych jest izolacja organizmów uprawnych od środowiska i zachowanie parazytologicznej sterylności pasz i wody. Jednym z istotnych metod zachowania

różnorodności biologicznej pasożytów jest ograniczenie zabiegów przeciw pasożytniczych na terenach rezerwatów przyrody i stref ochronnych, gdzie działalność gospodarcza jest ograniczona lub zakazana.

Bibliografia

1. Abu-Shakra, M., & Shoenfeld, Y. (1991). Parasitic infection and autoimmunity. *Autoimmunity*, 9(4), 337–344. <https://doi.org/10.3109/08916939108997136>.
2. Blake, D. P., & Tomley, F. M. (2014). Securing poultry production from the ever-present *Eimeria* challenge. *Trends in parasitology*, 30(1), 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2013.10.003>.
3. Boisseau, M., Dhorne-Pollet, S., Bars-Cortina, D., Courtot, É., Serreau, D., Annonay, G., Lluch, J., Gesbert, A., Reigner, F., Sallé, G., & Mach, N. (2023). Species interactions, stability, and resilience of the gut microbiota - Helminth assemblage in horses. *iScience*, 26(2), 106044. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106044>.
4. Clayton, D. H., Bush, S. E., & Johnson, K. P. (2016). *Coevolution of Life on Hosts: Integrating Ecology and History*. Chicago, IL: University of Chicago Press, ISBN: 022630227X.
5. Combes, C. (2001). *Parasitism, the Ecology and Evolution of Intimate Interactions. Integrating Ecology and History*. Chicago, IL: University of Chicago Press, ISBN: 0226114465.
6. Crofton H. D. (1971). A model of host-parasite relationships. *Parasitology*, 63(3), 343–364. <https://doi.org/10.1017/s0031182000079890>.
7. Díaz, A. V., Walker, M., & Webster, J. P. (2023). Reaching the World Health Organization elimination targets for schistosomiasis: the importance of a One Health perspective. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 378(1887), 20220274. <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0274>.
8. El Moustapha, I., Ouldabdallahi Moukah, M., Ould Ahmedou Salem, M. S., Brahim, K., Briolant, S., Basco, L., & Ould Mohamed Salem Boukhary, A. (2023). Malaria prevalence in Mauritania: a systematic review and meta-analysis. *Malaria journal*, 22(1), 146. <https://doi.org/10.1186/s12936-023-04569-4>.
9. Juarez-Estrada, M. A., Graham, D., Hernandez-Velasco, X., & Tellez-Isaias, G. (2023). Editorial: Parasitism: the good, the bad and the ugly. *Frontiers in veterinary science*, 10, 1304206. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1304206>.
10. Lincicombe D. R. (1971). The goodness of parasitism: A New hypothesis. In. *Aspect of the Biology of Symbiosis*, Cheng T. C. (ed.), University Park Press, Baltimore, pp. 139–227.
11. Lymbery, A. J., & Smit, N. J. (2023). Conservation of parasites: A primer. *International journal for parasitology. Parasites and wildlife*, 21, 255–263. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2023.07.001>.
12. Marcogliese D. J. (2004). Parasites: Small players with crucial roles in the ecological theater. *Ecohealth*, 1, 151–164. <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0028-3>.
13. Marcogliese D. J. (2005). Parasites of the superorganism: are they indicators of ecosystem health?. *International journal for parasitology*, 35(7), 705–716. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2005.01.015>.
14. Mutapi F. (2015). The gut microbiome in the helminth infected host. *Trends in parasitology*, 31(9), 405–406. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2015.06.003>.
15. Naz, S., Abbasi, S. W., Cavezza, S., Jaiswal, A. K., & Azevedo, V. (2023). Parasite Control Strategies: Immunoprophylaxis. In: Rizwan HM, Sajid MS, editors. *Parasitism and Parasitic Control in Animals*. CABI, Oxfordshire, pp. 231–47. <https://doi.org/10.1079/9781800621893.0015>.
16. Nichols, E., & Gómez, E. (2011). Conservation education needs more parasites. *Biology Conservation*, 144, 937–941. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.10.025>.
17. Poulin R. (2021). The rise of ecological parasitology: twelve landmark advances that changed its history. *International journal for parasitology*, 51(13-14), 1073–1084. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2021.07.001>.
18. Ramanan, D., Bowcutt, R., Lee, S. C., Tang, M. S., Kurtz, Z. D., Ding, Y., Honda, K., Gause, W. C., Blaser, M. J., Bonneau, R. A., Lim, Y. A., Loke, P., & Cadwell, K. (2016). Helminth infection

- promotes colonization resistance via type 2 immunity. *Science (New York, N.Y.)*, 352(6285), 608–612. <https://doi.org/10.1126/science.aaf3229>.
19. Ramesh, A., & Hall, S. R. (2023). Niche theory for within-host parasite dynamics: Analogies to food web modules via feedback loops. *Ecology letters*, 26(3), 351–368. <https://doi.org/10.1111/ele.14142>.
 20. Scott M. E. (2023). Helminth-host-environment interactions: Looking down from the tip of the iceberg. *Journal of helminthology*, 97, e59. <https://doi.org/10.1017/S0022149X23000433>
 21. Selbach, C., Mouritsen, K. N., Poulin, R., Sures, B., & Smit, N. J. (2022). Bridging the gap: aquatic parasites in the One Health concept. *Trends in parasitology*, 38(2), 109–111. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2021.10.007>.
 22. Sorci, G., Guivier, E., Lippens, C., & Faivre, B. (2016). Microbes, Parasites and Immune Diseases. In: Alvergne A., Jenkinson C., Faurie C., editors. *Evolutionary Thinking in Medicine: From Research to Policy and Practice*. Cham, Springer International Publishing, pp. 211–223.
 23. Vávra, J., & Lukeš, J. (2013). Microsporidia and 'The Art of Living Together'. In: D. Rollinson (Ed.), *Advances in Parasitology*, Academic Press, London, pp. 253–320.
 24. Wood, C. L., Welicky, R. L., Preisser, W. C., Leslie, K. L., Mastick, N., Greene, C., Maslenikov, K. P., Tornabene, L., Kinsella, J. M., & Essington, T. E. (2023). A reconstruction of parasite burden reveals one century of climate-associated parasite decline. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120(3), e2211903120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2211903120>.

**Iryna Antonik¹, Vyacheslav Danchuk¹, Oleksii Danchuk¹, Kostiantyn Zaruba¹,
Vitalii Nedosekov², Olha Naidich³**

**PROSPECTS FOR POST-WAR LIVESTOCK RECOVERY IN THE UKRAINE
STEPPE**

¹*Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of
Ukraine, Odesa, Ukraine;*

²*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine;*

³*Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine*

E-mail: primaverarya@gmail.com, dan-vv1@ukr.net, olexdan@ukr.net

Keywords: *livestock farming, prospects, post-war restoration*

Introduction. Directly or indirectly, animals are always involved and suffer as a result of military operations. Moreover, if representatives of wildlife can migrate to other territories, then domestic and productive animals are condemned to fully experience the consequences of military actions [2, 3]. Most of the animals concerned are farm animals involved in armed conflict in the first or second degree [4]. The literature discusses the fate of military animals used by the enemy and their treatment [8].

The war on the territory of Ukraine has caused significant destruction to agriculture, including livestock. Destroyed farms, lost pastures, destroyed infrastructure and animal deaths have created significant challenges for the industry. Animals were faced with feed shortages, care difficulties and limited opportunities to rebuild farms. Under these conditions, post-war livestock rehabilitation in the steppe

regions of Ukraine requires an integrated approach and the introduction of innovative solutions [1, 4, 7].

The purpose of this article is to consider the main prospects and directions for the restoration of livestock production in the steppe regions of Ukraine. We discussed rebuilding infrastructure, supporting farmers, introducing innovative technologies and alternative treatments, ensuring food security and sustainable livestock production. International cooperation and assistance also play an important role in this process. Post-war reconstruction is not only a necessity, but also an opportunity to modernise and improve business practices that will ensure the long-term productivity and sustainability of the industry [1, 5-7].

Military operations on the territory of Ukraine have had a devastating impact on the livestock sector. Let's look at the main aspects of this impact:

1. *Destruction and infrastructure:*

- ✓ Destroyed farms and pastures: Many farms and pastures were destroyed or became war zones, resulting in the loss of basic means of production.
- ✓ Water and electricity systems destroyed: Damage to infrastructure has made it difficult to access the water and electricity needed to keep farms running.

2. *Loss of livestock:*

- ✓ Death and displacement of livestock: Many animals have died or been displaced as a result of the fighting, leading to a reduction in livestock numbers.
- ✓ Stress and disease: Animals remaining in conflict zones suffered from stress and disease caused by deteriorating living conditions and care.
- ✓ Lack of feed and medicines: War has disrupted supply chains, leading to shortages of animal feed and medicines.
- ✓ Restricted access to markets: Farmers have lost access to markets for their produce, worsening their financial situation and ability to support their farms.

3. *Economic and social impact:*

- ✓ Job losses: The destruction of farms has led to job losses in rural areas.
- ✓ Population migration: Many farmers and their families have been forced to leave their homes and move to safer areas or outside the country, exacerbating labour problems in agriculture.

4. *Environmental consequences:*

- ✓ Land degradation: Fighting and the use of heavy equipment have led to land degradation and the destruction of natural ecosystems.
- ✓ Soil and water pollution: As a result of the hostilities and the destruction of infrastructure, soil and water have been polluted, affecting the environment and animal health.

In general, the war caused serious damage to Ukrainian agriculture, which will require considerable efforts to restore. Restoring livestock production in the country's steppe regions is an important step towards economic recovery and food security.

Materials and methods. In order to assess the current status and prospects for the post-war restoration of cattle breeding in the Ukrainian steppes, studies were

carried out in several key stages. First, monitoring was carried out. In order to monitor the assessment of the current state of cattle breeding in the Ukrainian steppe, a questionnaire was developed containing the following sections: pre-war state of production (15 questions); impact of the war on the activities of small producers (6 questions); impact of the war on animal welfare (8 questions); support and resources for farmers in times of war (2 questions); prospects and needs (4 questions). The survey was conducted in the following regions: Kherson, Odesa, Dnepropetrovsk, Zaporozhye. The survey process was voluntary and ethical considerations were taken into account, including obtaining informed consent from participants, ensuring anonymity of responses, and protecting the confidentiality and security of the data collected.

In order to assess the current status and prospects for the post-war recovery of livestock production in the Ukrainian steppes, research was conducted at several key stages. Data from official statistical sources, reports of international organisations, scientific publications and studies were used. Quantitative analysis of statistical data was carried out to identify trends and patterns in changes in livestock numbers and production volumes. Questionnaires were developed to conduct surveys and interviews with livestock farmers to collect information on the current status of their farms, problems and needs. A SWOT analysis was carried out to plan for post-war livestock rehabilitation and strategic planning.

Results and discussion. It should be noted that the rural population in the combat zone, even with the maximum coverage of possible areas and the availability of the Internet, ignored this event. And this is quite understandable, because in most of the flooded areas the number of productive animals has been reduced to a minimum, and in the flooded zone it has been reduced to zero. And in the areas adjacent to the frontline, the number of productive animals has fallen by 50-60%. The pre-war state of livestock production in Ukraine's steppe zone differed from the rest of the country in that there was a significant concentration of productive livestock in private households. However, there were also large livestock farms with varying degrees of production automation.

According to the website <https://kurkul.com/porody> and based on a survey of livestock producers in the southern steppes of Ukraine, livestock farms and breeding reproducers included 18 breeds of cattle with different levels of productivity (milk, meat and milk and beef); 9 breeds of pigs (meat, fat, bacon); 20 breeds of sheep (meat, milk and meat); 4 breeds of goats (milk, meat); 5 breeds of horses (saddle, riding and draught).

The conditions for keeping animals before entering the combat zone varied; in private households they were the simplest. All more or less large livestock farms had specialised premises for each type of livestock with appropriate technological support for the production of livestock products, including their own fodder production and water supply.

It is interesting to note that only those respondents who still had some veterinary support for production participated in the survey. It is difficult to say at this stage what is primary, but it is a fact. Some respondents complain of veterinary logistical problems, but the vets are working. In such extreme conditions, the need for modern medicines, nanomedicines, vaccines, antibiotics, instruments and bandages increases significantly [1]. Some respondents suggested organising courses in primary animal care.

Animals with diseases of various aetiologies, including those with injuries and stress, require professional veterinary care and rehabilitation. Forecasting the number of injured and sick animals can help to determine the total number of veterinary activities required and to mobilise appropriate staff and resources.

All respondents consider that they have taken sufficient measures to ensure the welfare of animals in the pre-war period and believe that the provision of feed, regulation of the number of animals in a group, regulation of the area per animal, exercise, mouthing and veterinary care fully meet the needs of productive animals. It should be noted, however, that in the pre-war period there was relatively little public awareness of the welfare requirements of farm animals and there was no way of assessing the welfare of farm animals on the farm using a scoring system.

If the livestock farm was not located directly in the combat zone and did not fall into the flood zone, the worst they faced was the destruction of production facilities by rockets and the mass death of animals; loss of markets; lack of electricity due to power cuts; deterioration in the supply of protein and vitamin supplements, premixes, feed, veterinary medicines; reduction in the purchase prices of livestock products and increase in the prices of fuels and lubricants, fertilisers and fodder pesticides. It should be noted, however, that the supply of water (centralised, from artesian wells and springs) is guaranteed. Those farms whose water supply depends on power cuts use generators to ensure water supply during power cuts. The presence of wells significantly reduces the dependence of the water supply on the network; this fact applies only to small farms.

None of the respondents mentioned the availability of shelter for animals in the event of hostilities. Animals are kept in livestock buildings during the alarm period. Often animal production facilities are military targets. For example, on one farm in the Odesa region, 91 pigs were killed in a rocket attack on pigsties; the infrastructure was destroyed and will require significant investment to repair. The closer the collision lines are, the less likely productive animals are to survive. A significant part of the productive livestock has been moved to safer areas of the country, mainly to the central and western regions of Ukraine.

Predicting the post-war recovery of pastoralism in the Ukrainian steppe is a difficult task, as military conflicts can have lasting effects on animals and their environment. In particular, the large number of mined areas in the Ukrainian steppe makes grazing and fodder production impossible for a certain period of time (Table 1). As far as wildlife is concerned, it is clear that the livestock component of the

Ukrainian steppe ecosystem will have to be artificially restored after the end of hostilities.

Table 1. SWOT analysis of the prospects for the post-war restoration of cattle breeding near the steppes of Ukraine

Strengths	Weaknesses
<i>Rich natural resources:</i> The steppes of Ukraine have favourable conditions for grazing and agriculture;	<i>Destroyed infrastructure:</i> Damage caused by war to infrastructure, including roads, buildings and equipment;
<i>Tradition and experience:</i> Long history and pastoral traditions, accumulated experience and knowledge in the field;	<i>Staff shortages:</i> Loss of skilled workers and problems in training new staff;
<i>Opportunities to use new technologies:</i> Introducing innovations such as artificial intelligence, automation and modern herd management methods;	<i>Financial challenges:</i> Limited financial resources and access to credit for farmers;
<i>Support from international organisations:</i> Opportunity to receive assistance and support from international organisations and funds for the rehabilitation of the agricultural sector;	<i>Land pollution and degradation:</i> War can have environmental consequences, such as soil and water pollution;
<i>The potential of organic and eco-orientated livestock production:</i> The possibility of developing environmentally friendly and organic production.	<i>Low level of automation:</i> absence or insufficient amount of modern technology on farms.
Opportunities	Threats
<i>Investment and subsidies:</i> Attracting investment and subsidies for the restoration and development of livestock farming;	<i>Economic instability:</i> Economic crises and instability can affect the agricultural sector;
<i>Export development:</i> increasing production and improving product quality to penetrate international markets;	<i>Climate change:</i> Extreme weather conditions and climate change affect agricultural productivity and sustainability;
<i>Working with scientific institutions:</i> Partnering with scientific and research institutions to adopt advanced technologies and practices;	<i>Political and social risks:</i> Political instability and social conflict that could hamper recovery;
<i>Cooperation and creation of farmers' associations:</i> Develop cooperatives and associations to share resources and increase efficiency;	<i>Diseases and epidemics:</i> risk of spread of disease between animals and problems with veterinary control;
<i>Training and retraining:</i> development of training and retraining programmes for agricultural and veterinary professionals.	<i>Market competition:</i> Increasing competition in domestic and foreign markets, requiring improved product quality and marketing strategies.

The SWOT analysis showed that the successful restoration of pastoralism in the Ukrainian steppes requires effective use of strengths and opportunities, while working to eliminate weaknesses and minimise threats. An integrated approach, including innovation, cooperation, investment and support from the government and international organisations, will be a key factor in achieving a sustainable and successful recovery of the agricultural sector. In the post-war period, new threats to animals and their environment may arise, such as low-intensity demining and reduced access to food supplies, illegal hunting or degradation of natural resources. For some species that have suffered severe damage, it may be necessary to develop and implement population recovery programmes, including captive breeding and release into the wild.

The post-war restoration of pastoralism in the Ukrainian steppes has a number of prospects that can be considered, taking into account current trends, challenges and possible strategies. Here are some of the most important:

1. *Return to traditional methods and innovation.* An important aspect will be the use of both traditional methods and the introduction of innovations such as artificial intelligence and modern technologies in livestock management. The introduction of animal health monitoring technologies, automated feeding systems and herd management can significantly improve efficiency and productivity.

2. *Ensure resilience and adaptation to climate change.* Recovery must include measures to adapt to changing climate conditions, such as drought and extreme weather events. Developing sustainable grazing systems and improving the genetic traits of livestock to increase their resilience to stress.

3. *Supporting livestock producers and rural communities.* Livestock farmers must be supported through subsidies, grants and training programmes to help them rebuild their businesses and become more competitive. Developing infrastructure and improving living conditions in rural areas will help maintain the population and develop the agricultural sector.

4. *Developing cooperatives and joint ventures.* The creation of cooperatives and joint ventures between small and large farms can improve access to markets, resources and technology. Cooperation can help reduce costs and improve production efficiency.

5. *Organic and ecological livestock production.* In the context of post-war rehabilitation of livestock production, it is important to pay attention to environmentally friendly and organic livestock production, which can have higher added value and export potential. The sustainable use of natural resources and the implementation of organic farming practices can improve the environment and public health.

6. *Providing human resources to livestock farms.* An important task will be to attract and train specialists in veterinary medicine, animal science and agricultural management to provide skilled support for restoration processes. Develop training and retraining programmes for young professionals and existing farmers.

7. *Rehabilitation of infrastructure and logistics.* Rehabilitation of transport and logistics infrastructure is essential to ensure the efficient movement of products and resources. Improving access to veterinary services, feed and other necessary resources will contribute to the stability and sustainability of livestock production.

8. *Integration with international markets and standards.* Recovery may include integration with international standards and practices to improve product quality and competitiveness in the global marketplace. Active participation in international programmes and projects supporting the agricultural sector can help attract investment and exchange experience.

These prospects require an integrated approach and coordination of efforts between government agencies, the private sector and international organisations for the successful restoration and development of pastoralism in the post-war steppes of Ukraine.

Conclusions. The prospects for restoring livestock production in the Ukrainian steppes after the war are encouraging if an integrated approach is taken, including the introduction of innovations, attracting international support, developing cooperation and sustainable use of natural resources. It is important to take into account both internal strengths and opportunities and external threats and challenges in order to achieve sustainable and successful development of the agricultural sector in the post-war period.

References

1. Danchuk, O., Levchenko, A., da Silva Mesquita, R., Danchuk, V., Cengiz, S., Cengiz, M., & Grafov, A. (2023). Meeting Contemporary Challenges: Development of Nanomaterials for Veterinary Medicine. *Pharmaceutics*, 15(9), 2326. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15092326>.
2. Hediger R. (2017). Animals in War. In: *The Palgrave International Handbook of Animal Abuse Studies*, Maher, J., Pierpoint, H. & Beirne, P. (eds.), Palgrave Macmillan, London, pp. 475-494. https://doi.org/10.1057/978-1-137-43183-7_22.
3. Andrzejewski J. (2013). War: Animals in the aftermath. In: *Animals in War*, Nocella, A. J., Salter, C. & Bentley, J. K. C. (eds.), Lexington Books, Lanham, pp. 74-95.
4. Johnston S. (2012). Animals in war: Commemoration, patriotism, death. *Political Research Quarterly*, 65(2), 359-371. <https://doi.org/10.1177/1065912910391982>.
5. Longobardo, M. (2021). Animals in Occupied Territory. In: *Animals in the International Law of Armed Conflict*, Peters, A., de Hemptinne J., & Kolb, R. (eds.), Cambridge University Press Forthcoming, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3863907>.
6. Mcloughlin, M. P., Stewart, R., & McElligott, A. G. (2019). Automated bioacoustics: methods in ecology and conservation and their potential for animal welfare monitoring. *Journal of the Royal Society, Interface*, 16(155), 20190225. <https://doi.org/10.1098/rsif.2019.0225>.
7. Nedosekov, V., & Petkun, H. (2021). Welfare of dairy animals. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukraïni*, 4, 92. doi: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2021.04.011>.
8. Nowrot K. (2015). Animals at war: the status of "animal soldiers" under international humanitarian law. *Historical Social Research/Historische Sozialforschung*, pp. 128-150.

Алла Стоянова

РОЛЬ ВІВЧАРСТВА У ФОРМУВАННІ КЛІМАТИЧНО ОРІЄНТОВНОГО ФЕРМЕРСТВА УКРАЇНИ

Одеський національний економічний університет, 65082, Одеса, Україна

E-mail: stoyanovaizn@gmail.com

Ключові слова: вівчарство, кліматично орієнтовне фермерство, сучасні технології догляду, селекційні програми, розвиток сільських територій

Вступ. У сучасному сільському господарстві розвиток вівчарства набуває все більшої значущості. Вівчарство – самостійна галузь тваринництва. Цей напрямок тваринництва відіграє ключову роль у забезпеченні населення високоякісними продуктами харчування, сировиною для текстильної промисловості, а також має вагому частку у підтримці сільських територій та сталого розвитку аграрного сектору [5].

Вовна вівці – найцінніший продукт, який вдало застосовують у виробництві тканин, килимів, трикотажу, валяних виробів тощо. Зі шкір вівець виготовляють хутрянні вироби. З молока грубошерстих овець – сири. В останні роки все більше уваги приділяється екологічній безпеці та корисності продуктів харчування. І саме вівчарство в цьому питанні виходить на перші позиції.

Якщо розглядати розвиток вівчарської галузі через призму питання тварини здоров'я та добробуту, то необхідно зазначити, що баранина і ягнятина є цінними джерелами білка, заліза, цинку, вітамінів групи В і амінокислот, необхідних для повноцінного здоров'я людини. Багато фермерів використовують органічні методи ведення господарства, уникаючи хімічних добрень і пестицидів. Це дозволяє зберегти біо різноманіття і поліпшити якість продукції. Овече молоко має високу поживну цінність. Воно містить більше білка, кальцію і вітамінів, ніж коров'яче молоко. Крім того, воно легше засвоюється і рідше викликає алергічні реакції. Овеча вовна є екологічно чистим і відновлюваним ресурсом. Вона використовується для виробництва одягу, текстилю та утеплених матеріалів. Вовна володіє унікальними теплоізоляційними і дихаючими властивостями. Шкіра овець використовується у виробництві якісного взуття, одягу та аксесуарів. Вона міцна, еластична і довговічна, що робить її відтвореним матеріалом у різних галузях [1].

Окремо слід відмітити, що вівчарство – кліматично орієнтовне фермерство. А саме, продукція вівчарства має порівняно низький вуглецевий слід. Вівці виділяють менше метану в порівнянні з великим рогатим скотом, що знижує вплив на клімат. Вівці можуть використовувати пасовищні угіддя, включаючи ті, які непридатні для інших видів сільськогосподарських тварин [2]. Це дозволяє раціонально використовувати земельні ресурси та запобігати їх деградації. Вівці, що дуже важливо, здатні поліпшити структуру ґрунту і відвернути ерозію завдяки природному випасу. Вони руйнують верхній шар

грунту менше, ніж крупний рогатий скот, що сприяє збереженню гуртового покриву та має прямий вплив на клімат.

Вівчарство є традиційним промислом багатонаціональної України, Одещини зокрема. Основна порода, яка найбільше адаптувалась до місцевих умов – це напівтонкорунна, цигайська. Отари вівець – перлина краєвидів Бессарабії. Овеча бринза, баранина, вовняні ковдри – візитівки краю, які об'єднуються навколо живої традиції вівчарства та передаються ланцюгом поколінь з давніх-давен і до сьогодні.

Наказом Міністерства культури та інформаційної політики України від 04 травня 2023 року №234 «Про включення до Національного переліку елементів нематеріальної культурної спадщини України» культуру традиційного вівчарства Бессарабії та знань, пов'язаних із ним, на території Одеської області, внесено до Національного переліку нематеріальної культурної спадщини України [2].

Економічна ситуація, що склалась на ринку продукції вівчарства в нашій країні має вагоме значення. Попри війну вівчарство в Україні не занепало, а розвивається. Вівчарство – це експортно-орієнтована м'ясна галузь. Одеська область є національним лідером з кількості ідентифікованих та зареєстрованих овець та кіз в Україні. За офіційними даними, станом на 1 січня 2024 року на Одещині в усіх категоріях господарств утримуються 255,3 тисяч голів овець та кіз, з яких у 39 сільгосп підприємствах – 23,1 тисяч голів або 9,1% та 232,2 тисяч голів в домогосподарствах населення або 90,9% [7, 9, 10]. У минулому році в області вироблено 611 тонн вовни, що становить 86,7% та 250 тонн баранини або 140%, від загальної кількості виробленого в Україні [10].

Відповідно до породного складу в області розводять овець порід Одеського типу Асканійської м'ясо вовнової з кросбредною вовною, Асканійської каракульської, Цигайської та м'ясних порід Німецької мериноландшафтної та Дорперної.

Професійним вирощуванням овець Одеського типу Асканійської м'ясо вовнової з кросбредною вовною, Асканійської каракульської займаються два підприємства - ТОВ «Кара-Марин» Ізмаїльського району та СФГ «Нива» Білгород-Дністровського району, вирощуванням нових для нашої області м'ясних порід овець Німецький мериноландшафт і Дорпер займається ТОВ «Колос» Одеського району. Дані підприємства мають статус племінних ферм [9].

У 2008 році підприємством ТОВ «ВКФ «Бородіно-А» на території села Бородіно Болградського району було збудовано сучасний вівце комплекс на 5 тисяч голів смушкових каракульських овець та встановлено найбільший у Європі цех автоматичного доїння овець компанії «ДеЛаваль», який є єдиним в Україні по автоматизованому доїнню.

Крім того, на території селища міського типу Лиманське Роздільнянського району в сільськогосподарському підприємстві ТОВ «Колос» реалізовується

інвестиційний проєкт з будівництва сучасного вівце комплексу на 3,5 тисяч голів м'ясних порід, вартість якого становить 15,0 млн грн. [9].

На підтримку галузі тваринництва в області розроблена та затверджена регіональна програма розвитку агропромислового комплексу Одеської області на 2019-2025 роки «Аграрна Оदेशина», в рамках якої за двома напрямками було спрямовано понад 4,5 млн грн. коштів обласного бюджету [9].

Подальший розвиток вівчарської галузі Одеської області можливий за умов створення промислового виробництва ягнятини та молоді баранини, шляхом будівництва сучасних маточних вівцеферм та відгодівельних майданчиків, технологічних підходів, що забезпечують збільшення виробництва баранини, підвищення її якості, та більш досконалих методів організації виробничих процесів, покращення умов годівлі та утримання овець, що сприятиме підвищенню не лише м'ясної, але й споріднених з нею вовнової і молочної продуктивності. І це дасть можливість забезпечити стабільний розвиток вівчарських підприємств на основі нових селекційно-технологічних підходів, фінансової підтримки, ринкової мотивації і цим самим створить умови для підвищення ефективності вівчарських підприємств. Зокрема, нарощення поголів'я овець в господарствах усіх форм власності, підвищення продуктивності, як у сільгоспідприємствах, так і в особистих домогосподарствах області.

Методи розвитку вівчарства.

1) *Економічна вигода.* Вівчарство є одним із най рентабельніших видів тваринництва. Вівці невибагливі у догляді та годівлі, що дозволяє знижувати виробничі витрати. Висока плодючість та скоростиглість овець забезпечують швидкий оборот капіталу та стабільний дохід для фермерів. Крім того, вівчарство надає можливість отримання одразу кількох видів продукції: м'яса, молока, вовни та шкіри.

2) *Екологічні переваги.* Розведення овець сприяє покращенню екологічної ситуації у сільських регіонах. Вівці ефективно використовують пасовища, сприяючи їхньому природньому відновленню та запобіганню ерозії ґрунту. Завдяки особливостям харчування вівці можуть випасатися на територіях, які не придатні для інших видів сільськогосподарських тварин, що дозволяє раціонально використовувати земельні ресурси.

3) *Соціальна значимість.* Вівчарство відіграє важливу роль у підтримці сільських спільнот. Розвиток цього напрямку сприяє створенню робочих місць, зниженню рівня безробіття та поліпшенню рівня життя у сільських районах. Сімейні ферми, що займаються вівчарством, є основою сталого сільського господарства та сприяють збереженню традицій та культурної спадщини.

4) *Інновації та перспективи.* Сучасні технології та наукові досягнення відкривають нові перспективи для розвитку вівчарства. Впровадження селекційних програм, використання передових методів годування та догляду за тваринами, застосування цифрових технологій для моніторингу та управління

стадом – все це сприяє підвищенню продуктивності та покращенню якості продукції. Розвиток генетичних досліджень дозволяє виводити породи овець з покращеними характеристиками: високою м'ясною продуктивністю, якісною вовною та стійкістю до захворювань. Важливо також розвивати інфраструктуру для переробки вівчарської продукції, що дозволить створити додаткові робочі місця та збільшити додану вартість продукції.

Сучасні технології та методи догляду за вівцями спрямовані на забезпечення їх здоров'я та благополуччя.

- ✓ *Ветеринарний моніторинг*: використання носіїв та сенсорів для постійного контролю за станом здоров'я тварин.
- ✓ *Програми вакцинації*: розробка та застосування нових вакцин для профілактики найпоширеніших захворювань.
- ✓ *Біобезпека*: введення суворих заходів щодо контролю за інфекціями, включаючи карантинні зони та регулярні санітарні заходи [3].

Сучасні селекційні програми спрямовані на покращення генетичного потенціалу овець. Основні напрямки генетика та селекції повинні включати:

- ✓ *Геномні селекції*: використання ДНК-маркерів для відбору тварин з бажаними характеристиками, такими як висока м'ясна продуктивність, якість вовни та стійкість до захворювань.
- ✓ *Кросбридинг*: схрещування різних порід для отримання гібридів із покращеними характеристиками.
- ✓ *Біотехнології*: застосування методів штучного запліднення, ембріо трансплантації та клонування для прискорення процесу селекції та підвищення генетичної різноманітності.

Сучасні методи годування спрямовані на оптимізацію раціону овець підвищення продуктивності здоров'я тварин. Ключові підходи включають:

- ✓ *Прецизійне годування*: використання сенсорів та програмного забезпечення для індивідуального розрахунку раціонів, що враховують потреби кожної тварини.
- ✓ *Використання кормових добавок*: введення пробіотиків та ферментів для покращення травлення та загального стану здоров'я овець.
- ✓ *Гідропонні корми*: вирощування зелених кормів у контрольованих умовах, що дозволяє забезпечити тварин свіжою рослинною масою цілий рік.

Ефективне управління пасовищами відіграє ключову роль у стійкому розвитку вівчарства:

- ✓ *Ротаційне випасання*: використання системи змінного випасу для покращення стану пасовищ та запобігання деградації ґрунту.
- ✓ *Агроекологічні практики*: впровадження методів, що сприяють збереженню біо різноманіття та покращенню еко системних послуг.
- ✓ *Технології моніторингу*: використання дронів та супутників для моніторингу стану пасовищ та оцінки продуктивності земель.

Впровадження цифрових технологій та автоматизація процесів у вівчарстві дозволяють підвищити ефективність управління господарством:

- ✓ *Розумні ферми*: використання IoT-пристроїв та спеціалізованого програмного забезпечення для управління всіма аспектами фермерського господарства, від годування до відстеження здоров'я тварин.
- ✓ *Блокчейн*: застосування технології блокчейн для забезпечення простежуваності продукції та покращення управління ланцюжками постачання.
- ✓ *Роботизація*: впровадження роботизованих систем для виконання рутинних завдань, таких як годування та доїння, що знижує трудовитрати та підвищує точність виконання операцій.

До основних факторів ефективного ведення вівчарства на державному і господарському рівнях належать:

- ✓ посилення регулюючої ролі держави у проведенні реформи та захисту вітчизняного товаровиробника;
- ✓ еквівалентне співвідношення між цінами реалізації продукції і вартістю продукції промислового постачання;
- ✓ ефективне використання сільськогосподарських угідь, основних засобів виробництва, поголів'я овець;
- ✓ впровадження системи пільгових позик для відтворення стада, придбання машин, устаткування, санітарно-ветеринарних препаратів тощо [4, 6].

Експортні можливості. Аналізуючи дані Державної митної служби, можемо побачити, що за 2023 рік Україна експортувала біля 600 тонн живих кіз та овець, що на 42,1% нижче, ніж за аналогічний період 2022 року. Грошовий еквівалент за вказаний період склав майже \$700 тисяч.

Майже усіх вітчизняних овець і кіз протягом 2023 року купував Ліван, у 2024 році ця тенденція зберігається. Країни Близького Сходу лише почали відкривати для себе українську баранину і попит щоденно зростає. Баранина – це один із небагатьох видів м'яса, яке дозволене для споживання представниками всіх релігій. І якщо зараз головні ринки збуту це Близький Схід, то ми вже сьогодні працюємо над можливістю експорту до Європи і Азії.

Висновки. Розвиток вівчарства – це не лише економічно вигідний, а й екологічно і соціально значущий напрям сільського господарства. Інвестиції у вівчарство сприяють сталому розвитку сільських територій, підвищенню продовольчої безпеки та зміцненню економіки країни. Тільки об'єднавши зусилля держави, науки та бізнесу, ми зможемо розкрити весь потенціал цієї галузі та забезпечити її процвітання.

Сучасні підходи у вівчарстві спрямовані на інтеграцію наукових досягнень та інноваційних технологій для підвищення продуктивності, якості продукції та стійкості галузі. Ці зміни сприяють не лише економічному розвитку, а й покращенню екологічної ситуації та добробуту тварин. Перспективи подальшого розвитку вівчарства пов'язані з продовженням досліджень у галузі

генетики, харчування, здоров'я та управління, що дозволить досягти нових висот у цій важливій галузі сільського господарства.

Галузь вівчарства поєднує в собі екологічність і високу цінність продукції. Втілення екологічно чистих методів і технологій не тільки покращує якість продукції, але і сприяє збереженню навколишнього середовища в умовах зміни клімату. Це робить їх впровадження важливим елементом стійкого розвитку аграрного сектору та національної економіки в цілому.

Бібліографія

1. Аверчева Н. О. (2020). Перспективи ефективного розвитку галузі вівчарства. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*, Вип. 2, С. 57-68.
2. Безпалова Н.О. (2008). Відродження вівчарства як захід підвищення економічної ефективності використання сільськогосподарських угідь у Херсонській області. *Таврійський науковий вісник: збірник наукових праць ХДАУ*, Вип. 49, С. 249–254.
3. Гадзало Я.М. (2015). Про реформування аграрної науки на інноваційній основі. *Економіка АПК*, Вип. 12, С. 5–12.
4. Месель-Веселяк В.Я., Федоров М.М. (2016). Стратегічні напрями розвитку аграрного сектору економіки України. *Економіка АПК*, № 6, С. 37–49.
5. Сегеда С.А. (2012). Оцінка споживання основних продовольчих продуктів в Україні. *Збірник наукових праць ВНАУ. Серія «Економічні науки»*, № 3(69), С. 195–199.
6. Сокол О.І. (2007). Невідкладні завдання відновлення і стабільного розвитку вівчарства України. *Економіка АПК*, № 7(153), С. 41–47.
7. Окара Д.В., Чернишев В.Г., Шинкаренко В.М. (2017). Аналіз показників розвитку вівчарства в Україні. *Причорноморські економічні студії*, Вип. 16, С. 191-196.
8. Наказ Міністерства культури та інформаційної політики України від 04.05.2023 № 234 «Про включення до Національного переліку елементів нематеріальної культурної спадщини України» <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0234921-23> (дата звернення: 24.04.2024).
9. Програма розвитку агропромислового комплексу та сільських територій Одеської області на період до 2025 р. «Аграрна Одещина» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agro.od.gov.ua/agrar-na-odeshhyna/agrar-na-odeshhyna-na-2019-2023-roky/> (дата звернення: 14.05.2024).
10. Тваринництво України 2019 р.: статистичний щорічник. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 22.01.2021).

Nataliia Tkachuk¹, Liubov Zelena², Yaroslav Novikov¹

ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF DIMETHYL SULFOXIDE AGAINST SULFATE-REDUCING BACTERIA

¹T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", 14013 Chernihiv, Ukraine;

²Danylo Zabolotny Institute Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine, 03143 Kyiv, Ukraine

E-mail: nataliia.smykun@gmail.com; zelenalyubov@hotmail.com; silverghost@consultant.com

Keywords: antimicrobial properties, dimethyl sulfoxide, sulfate-reducing bacteria

Introduction. Dimethyl sulfoxide (DMSO) is widely used as an industrial solvent and for a variety of medical purposes [2, 4, 8]. DMSO is a commercially manufactured dipolar aprotic solvent. It is also a naturally occurring substance and appears to be part of the Earth's complex sulphur cycle [1].

DMSO occurs naturally in marine and freshwater environments, soil, rainwater and the atmosphere, as well as in a variety of beverages and foods [1, 2]. As DMSO is often used as a solvent for natural and synthetic antibacterial compounds to determine their minimum inhibitory concentration, its effect on bacterial growth should be taken into account to ensure reproducibility of experiments [9]. DMSO is known for its antimicrobial properties against *Staphylococcus aureus*, *S. aureus* var. *albus*, β -hemolytic streptococci, *Corynebacterium acnes*, *Corynebacterium species*, *Alcaligenes faecalis*, *Escherichia coli*, *Proteus* [3], bee pathogens *Paenibacillus larvae*, *Melissococcus pluton*, *Paenibacillus alvei* [5]. However, data on the effects of DMSO on sulphate-reducing bacteria (SRB) are rather limited in the available scientific and methodological bases. The dilution method is a well-known method for estimating the minimum inhibitory concentration of DMSO [3] and is actively used in research for various compounds [7]. Therefore, the aim of this study was to investigate the antibacterial properties of different concentrations of DMSO against sulfate-reducing bacteria using the dilution method.

Materials and methods. The research was carried out using the dilution method. The strain used was *Desulfovibrio oryzae* NUChC SRB1 (GenBank accession number MT102713.1), previously isolated from the ferrosphere of a corroded steel structure in the ground [6]. A 5-day-old culture was used, from which a suspension with 0.5 McFarland turbidity was prepared and added at a rate of 10% to liquid Postgate's "C" medium with different concentrations of DMSO to obtain an initial cell number of 1.5×10^7 cells/ml. The concentrations of DMSO were 1%, 10%, 25%, 45%, 70% and 100%. No DMSO was added to the control. Cultivation was carried out in Eppendorf tubes under anaerobic conditions and at a temperature of $29 \pm 2^\circ\text{C}$, followed by inoculation after 14 days in liquid Postgate's "C" medium to determine the bactericidal/bacteriostatic properties of DMSO. Bacterial growth was indicated by blackening of the culture medium.

Results and discussion. DMSO was found to have antibacterial properties against the studied SRB at concentrations ranging from 10% to 100%. At the same time, DMSO showed bactericidal properties, as no growth was observed after transplanting the culture into Postgate's "C" medium (the medium did not blacken). The absence of antibacterial properties was observed for DMSO at a concentration of 1% – the SRB grew in both the first and second passages.

Conclusions. Therefore, DMSO has bactericidal properties against SRB at concentrations $>10\%$. The minimum inhibitory concentration of DMSO for the sulphate-reducing bacteria *D. oryzae* NUChC SRB1 is $>1\%$. The results obtained should be taken into account when using DMSO as a solvent in studies of the antibacterial properties of compounds against SRB.

References

1. Gaylord Chemical Company, L.L.C. (2007). *Dimethyl Sulfoxide (DMSO)*. *Health and Safety Information*. Bulletin 106. P. 1-16.

<https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=547d95e4d2fd6436518b468c&assetKey=AS%3A273644578639890%401442253359624>

- Hatton, A.D., Malin, G., McEwan, A.G., & Liss, P.S. (1994). Determination of dimethyl sulfoxide in aqueous solution by an enzyme-linked method. *Analytical Chemistry*, 66(22), 4093-4096.
- Kligman, A.M. (1965). Dimethyl Sulfoxide. Part 2. *JAMA*, 193(11), 923-928. <https://doi.org/10.1001/jama.1965.03090110061015>
- Макашова, О.Є., Зубова, О.Л., Зубов, П.М., Мігунова, Р.К., & Бабійчук, Л.О. (2017). Кріоконсервування гемопоетичних прогеніторних клітин кордової крові в кріозахисних середовищах, що містять різні концентрації ДМСО та антиоксидантів. *Український журнал медицини, біології та спорту*, (2), 234-238.
- Сіренко, О.С., Десятникова, О.В., & Гур'єва, В.Б. (2019). Ефективність дезінфікуючого засобу «Гуанідез» на збудників інфекційних хвороб бджіл у лабораторних умовах. *Veterinary Medicine: inter-departmental subject scientific collection*, 105, 59-62.
- Ткачук, Н., Zelena, L., Mazur, P., & Lukash, O. (2020). Genotypic, physiological and biochemical features of *Desulfovibrio* strains in a sulfidogenic microbial community isolated from the soil of ferrosphere. *Ecological Questions*, 31(2), 79-88. <https://doi.org/10.12775/EQ.2020.016>
- Ткачук, Н., Янченко, В., & Демченко, Н. (2023). Мінімальна інгібуюча концентрація деяких похідних 6,7,8,9-тетрагідро-5Н-[1,2,4]тріазоло[4,3-а]азепіну щодо амоніфікувальних бактерій, виділених з феросфери ґрунту. *Biota. Human. Technology*, (1), 24-32. <https://doi.org/10.58407/bht.1.23.2>
- Volkova, N., Yukhta, M., Chernyschenko, L., Stepaniuk, L., Sokil, L., & Goltsev, A. (2019). The effectiveness of biopolymers application for cryopreservation of the fragments of convoluted seminiferous tubules of prepubertal rat's testis. *Cell and Organ Transplantology*, 7(1), 12-17. <https://doi.org/10.22494/cot.v7i1.92>
- Wadhvani, T., Desai, K., Patel, D., Lawani, D., Bahaley, P., Joshi, P., & Kothari, V. (2009). Effect of various solvents on bacterial growth in context of determining MIC of various antimicrobials. *The Internet Journal of Microbiology*, 7(1), 1-14.

Oleksandr Tsereniuk, Vitalii Vovk, Oleksandr Akimov, Yurii Chereuta
ENSURING THE WELFARE OF FOSTER PIGLETS
USING SOWS OF DIFFERENT BREEDS

Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 36013 Poltava, Ukraine

E-mail: tserenyuk@gmail.com; vitaliyvovk2017@ukr.net; akimov.kharkiv@gmail.com; chereuta1@ukr.net

Keywords: *pigs, welfare, piglets, fostering, sows, breeds*

Introduction. Modern industrial pig production aims to maximise animal productivity. At the same time, animal welfare issues have gained particular prominence in public debate since the 1990s due to growing socio-political interest. In the European Union, animal welfare requirements were first included in directives in the 1990s and have been systematically updated since then. Growing social pressure, increasingly exerted by activists and non-governmental organisations, has kept animal welfare at the forefront of EU policy documents [1]. At the same time, it is important to ensure the most comfortable conditions for animals from birth. An important element in this respect is the fact that the fertility of sows in modern

industrial pig breeds is usually much higher than the number of teats available to the sow. There is also the problem that some sows have cratered and reduced teats, which also negatively affects the potential ability of piglets to receive maternal colostrum and milk. In the future, this will negatively affect piglet survival to weaning [2-4]. Reduced teat functionality and availability increases the risk that newborn piglets will not consume sufficient colostrum. Both teat functionality and colostrum consumption will in the future be fundamental reasons for piglet weight loss at weaning and most early postpartum piglet deaths [5]. Accordingly, modern genetic selection programmes should include the number of functional teats in sows at farrowing to improve piglet survival and animal welfare [3]. However, this does not completely solve the problem, as high-producing sows still do not have a sufficient number of functional teats to feed their piglets, often overlapping with the use of nurse sows to care for excess piglets [6].

It is also necessary to take into account inter-breed differences in both sow reproductive performance and maternal characteristics. Therefore, studies on the effectiveness of using sows as nurses are relevant and in the interest of the scientific community. This was chosen for the purpose of the research - to assess the potential of sows of different breeds for use as nurses.

Materials and methods. The researches were carried out at the experimental base of the Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production NAAS in 2023. The general rules were followed when forming the research methodology [7]. For the researches, sows were selected to which piglets were nursed (with a total number of not more than 5 piglets per nurse sow). Both the sows' own indices (number of functional right and left teats, multiple fertility, number of live piglets before weaning, aggressive behaviour during nursing) and the indices of the piglets they were nursing (number of nursing piglets, number of weaned piglets from the number of nursing piglets) were taken into account. When considering the aggressive behaviour of the sows when nursing piglets, indicators such as the manifestation of aggression towards the nursing piglets (taking into account isolated manifestations), irritability, attempts to hide the nipples, prolonged sniffing of the machine or the litter of piglets, etc. were taken into account. Weaning was performed at 35 days. The material was evaluated for three breeds - Myrhorod (M), Large White of Ukrainian selection (ULW) and Welsh (W). The research results were processed using the traditional method of variational statistics [8]. Microsoft Excel software was used for statistical data analysis.

Results and discussion. A probable difference was observed in the number of functional right and left teats in sows of different breeds (Fig. 1).

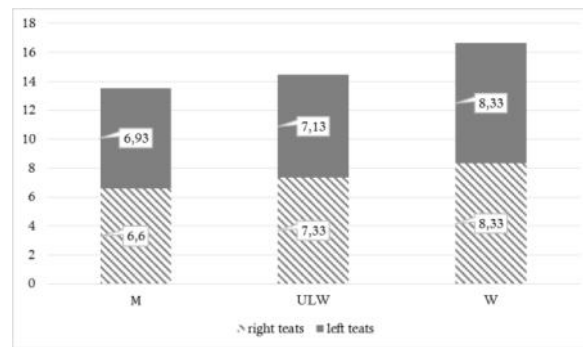


Figure 1. Number of functional right and left teats in sows of different breeds

Thus, Welsh sows differed from both Myrhorod sows ($p < 0.01$) and Large White sows ($p < 0.01$) in both the number of teats and the number of separate right and left teats. The total number of teats ($p < 0.05$) and the number of right teats ($p < 0.05$) were significantly higher in Large White sows than in Myrhorod sows.

The evaluation of the reproductive performance of the sows also showed probable differences in most of the indices between sows of different breeds (Table).

Table. Indexes of the reproductive capacity of the sows and of the survival of the fostered piglets ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$)

Breeds	Indexes					
	multi-fertility, heads	the number of foster piglets, heads	losses from the number of foster piglets, heads	losses from the number of own piglets, heads	total number of piglets at weaning, heads	total survival before weaning, %
M (n = 15)	9.60 ± 0.389	3.60 ± 0.332	0.40 ± 0.169	0.27 ± 0.122	8.93 ± 0.468	92.70 ± 2.354
ULW (n = 15)	11.40 ± 0.243 ***	3.07 ± 0.311	0.67 ± 0.240	0.47 ± 0.171	10.27 ± 0.43 *	89.98 ± 3.111
W (n = 15)	13.53 ± 0.389 ***	2.87 ± 0.402	1.27 ± 0.213 **	0.80 ± 0.181 *	11.47 ± 0.55 **	84.31 ± 2.635 *

Note: * corresponds to $p < 0.05$, ** corresponds to $p < 0.01$, *** corresponds to $p < 0.001$ for the Myrhorod breed

Thus, in terms of multi-fertility in sows, sows of the Myrhorod breed had the lowest index, inferior to sows of the Large White breed ($p < 0.001$) and sows of the Welsh breed ($p < 0.001$). For the number of foster piglets, the values for the different breeds ranged from 2.87 to 3.60 pigs. Despite the lower number of weaned piglets in Welsh sows, they differed in the rate of weaning losses, which was 3.17 times higher than in Myrhorod sows ($p < 0.01$).

The Welsh pigs were 2.96 times inferior to the Myrhorod pigs in the indexes of losses of their own piglets ($p < 0.05$). However, in terms of the total number of piglets at weaning, the Welsh outnumbered the Myrhorod sows by an average of 2.54 piglets ($p < 0.01$) and had a worse overall survival rate of 8.39% ($p < 0.05$).

An equally important index evaluated was the percentage of aggressive sows that complicated the process of rearing piglets in their litter (Figure 2).

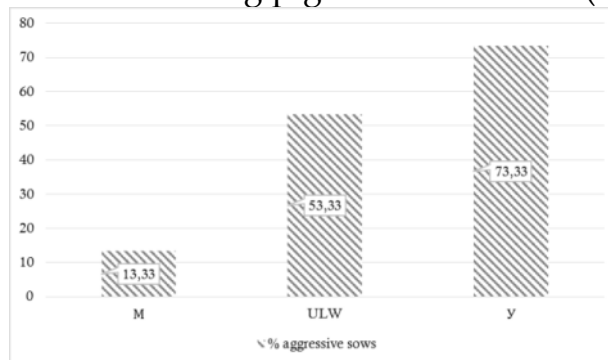


Figure 2. Number of functional right and left teats in sows of different breeds

According to this index, sows of the Myrhorod breed were the least aggressive, both compared to the Large White breed ($p < 0.05$) and to Welsh sows ($p < 0.001$). At the same time, both Large White and Welsh sows showed aggression towards their own piglets when nursing piglets from other litters.

Conclusions. As a result of the research, the probable differences between sows of different breeds have been identified in terms of the potential ability of sows of different breeds to be used as lactating sows. At the same time, Myrhorod sows were found to have the best overall indices. For further use of such sows in industrial complexes, it is necessary to carry out selection work to increase the total number of functional teats to the level of industrial sow breeds. Taking into account the general trend to ensure animal welfare, such measures will have a positive impact on similar aspects regarding the additional number of piglets in industrial pork production.

References

- Malak-Rawlikowska, A., Majewski, E., Potori, N., Hamulczuk, M., Szili, V., & Egri, E. (2024). Unlocking Sows' Welfare: The Farm-Level Economic Impact of Phasing out Farrowing Crates for Sows in the European Union's Pig Breeding Industry. *Agriculture*, 14, 187. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020187>
- Хохлов, А.М. (2023). Фенотипічна та генотипічна оцінка свиноматок і кнурів великої білої породи. *Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування: матеріали Міжнар. наук. конф., 27-28 квітня 2023 р. Харків: ДБТУ, 194-196.* <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/37101>
- Earnhardt-San, A.L., Gray, K.A., & Knauer, M.T. (2023). Genetic Parameter Estimates for Teat and Mammary Traits in Commercial Sows. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(15), 2400. <https://doi.org/10.3390/ani13152400>
- Knauer, M.T., & Hostetler, C.E. (2013). US swine industry productivity analysis, 2005 to 2010. *Journal of Swine Health and Production*, 21, 248–252. <https://www.aasv.org/shap/issues/v21n5/v21n5p248.pdf>
- Quesnel, H., Farmer, C., & Devillers, N. (2012). Colostrum intake: Influence on piglet performance and factors of variation. *Livestock Science*, 146(2-3), 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.03.010>
- Bruun, T.S., Pedersen, T.F., Thorup, F., & Strathe, A.V. (2023). Selecting the optimal strategies when using nurse sows for supernumerous piglets. *Molecular reproduction and development*, 90(7), 546–560. <https://doi.org/10.1002/mrd.23688>

7. Ібатулін, І.І., Жукорський, О.М., Бащенко, М.І. (2017). *Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві*. Київ: Аграрна наука.
8. Барановський, Д.І., Хохлов А.М., Гетманец О.М. (2017). *Биометрия в MS Excel. Учебное пособие*. Харьков: ФЛП Бровин А. В.

Zbigniew Sobisz, Mariola Truchan, Zbigniew Osadowski
SŁUPSKIE HERBARIUM – ROŚLINNE ARCHIWUM CENNYM ŹRÓDŁEM
INFORMACJI O FLORZE POMORZA

Instytut Biologii, Uniwersytet Pomorski w Słupsku, 76-200 Słupsk, Polska
E-mail: zbigniew.sobisz@upsl.edu.pl, mariola.truchan@upsl.edu.pl,
zbigniew.osadowski@upsl.edu.pl

Słowa kluczowe: *Herbarium Slupensis SLTC, materiały zielnikowe, flora naczyniowa, Pomorze*

Herbarium Slupensis SLTC istnieje od 1969 roku. Stanowi on zbiór 70 000 arkuszy zielnikowych. Pierwszym kuratorem Herbarium był doc. dr hab. Józef Misiewicz. Gromadzono w nim florę naczyniową z terenów Pomorza ze szczególnym uwzględnieniem flory polskich portów morskich. Był on jedynym tego rodzaju zbiorem ówczesnego Zakładu Biologii, który wykorzystywano m.in. jako środek dydaktyczny w ramach zajęć botanicznych. Drugi zielnik powstawał od 1975 roku, wraz z momentem utworzenia Zakładu Ekologii i Ochrony Środowiska. Jego założycielem i kuratorem był doc. dr hab. Eugeniusz Ryszard Śpiewakowski. Stanowił on zbiór roślin gromadzonych w ramach badań florystycznych okolicznych terenów Żydowa, Lubiatowa oraz Żarnowca. W 1990 roku włączono do kolekcji zbiory mszaków i porostów. Połączenie obu zbiorów w całość nastąpiło w roku 1995. Kuratorem Herbarium został dr Ireneusz Izydorek. W 2006 roku zastąpił go na tym stanowisku dr Zbigniew Sobisz.

Herbarium Slupensis SLTC Instytutu Biologii Uniwersytetu Pomorskiego w Słupsku posiada cenne materiały zielnikowe. Jest to depozyt Muzeum – Zamku Książąt Pomorskich w Darłowie ocalały po II wojnie światowej. Alegaty pochodzą z przełomu XIX i początku XX wieku. Zielnik ten został przejęty w 1974 roku przez botanika – doc. dr hab. Józefa Misiewicza, ówczesnego pracownika uczelni słupskiej, który opracował zgromadzone w nim karty zielnikowe, a wyniki swojej pracy opublikował. Zielnik stanowi 1800 arkuszy pochodzących z lat 1875-1943 jest autorstwa nauczycieli, pastorów, aptekarzy niemieckich, m.in. Ernsta Holzfussa, Hermanna Krausego, Otto Karla, Alfreda Banniera. Większość tych zbiorów pochodzi z Pomorza, ale również z Sudetów, okolic Świdnicy, Świeradowa Zdroju i Wołowa, a także z Macedonii, Capri i Pompejów. Najstarszy zielnik depozytu darłowskiego w Herbarium Slupensis pochodzi z 1811 roku, którego autorem jest pastor Georg Homann.

W zbiorach wyróżnia się zielnik Słowińskiego Parku Narodowego. Stanowi on cenny historyczny dokument o florze naczyniowej tej części Pomorza. Integralną

część zbiorów stanowi również zielnik dawnego Ogrodu Botanicznego w Sławnie z przełomu XIX i XX wieku. Na szczególną uwagę zasługuje depozyt Ogrodu Dendrologicznego w Przelewicach, składający się z alegatów dendroflory rodzimej i obcej. Ponadto uzupełnieniem zbiorów jest prywatny zielnik Alfonsa Stanisława Modrzejewskiego z lat 1916-1917, przekazany do Herbarium przez rodzinę. Dr Modrzejewski był lekarzem w słupskim szpitalu i znanym społecznikiem. W zbiorach Herbarium SLTC przechowujemy florilegium z lat 50. ubiegłego wieku oraz ksylotekę – dar Ogrodu Dendrologicznego w Wirtach.

Herbarium Słupensis SLTC, które stanowi własność Uniwersytetu Pomorskiego w Słupsku to:

- ✓ Kolekcja roślin naczyniowych (SLTC-VP). Liczebność: 55 000 okazów;
- ✓ Kolekcja grzybów (SLTC-F). Liczebność: 2950 okazów;
- ✓ Kolekcja porostów (SLTC-L). Liczebność: 11 000 okazów;
- ✓ Kolekcja mszaków (SLTC-B). Liczebność: 445 okazów.

Większość tych zbiorów pochodzi z Pomorza, ale również z Sudetów, okolic Świdnicy, Świeradowa Zdroju i Wołowa, a także z Macedonii, Capri i Pompei. Ponadto w zbiorach wyróżnia się zielnik Słowińskiego Parku Narodowego w liczbie 900 alegatów. Stanowi on cenny historyczny dokument o florze naczyniowej tej części Pomorza. Integralną częścią zbiorów jest również zielnik dawnego Ogrodu Botanicznego w Sławnie z przełomu XIX i XX wieku w liczbie 78 kart roślin naczyniowych. Kolekcja botaniczna Herbarium posiada w swych zbiorach szereg roślin wymarłych i zagrożonych wyginięciem w skali całego kraju, jak również w skali Pomorza (por. zbiory Karla Friedricha Kohlhoffa i Fritza Römera).

W ramach projektu pt. „Zintegrowane wirtualne Herbarium Pomorza Herbarium Pomeranicum – digitalizacja i udostępnianie zbiorów herbariów jednostek akademickich Pomorza poprzez ich połączenie i udostępnianie cyfrowe” minimum 70 000 najbardziej unikatowych alegatów pochodzących z zasobów Herbarium Słupensis SLTC zostało zdigitalizowano i udostępniono cyfrowo (<https://herbariumpomeranicum.pl/>).

Serhii Beschasnyi, Olena Hasiuk

THE ENDOGENOUS CARBON MONOXIDE REDUCES ISCHEMIC- REPERFUSION DAMAGE TO THE HEART

Department of Human Biology and Immunology, Kherson State University, 73000 Kherson, Ukraine; E-mail: beschasniu@ksu.ks.ua

Keywords: *aquaporins; gas-transmitter; heart; ischemia-reperfusion; CORM-2*

Introduction. Molecules from gaseous substances in the body play a signalling role, cause physiological changes and are involved in the body's adaptation processes [5]. Some of these molecules, including carbon monoxide (CO), are produced endogenously during metabolism. CO is produced in the body during haem catabolism by the intracellular enzyme haem oxygenase (HO-1) [1, 4]. The CO molecule is small and can easily pass through cell membranes [5]. Interestingly, the

expression of HO-1 is induced by inflammation or oxidative stress and is mainly localised in cells of the liver, spleen, vascular endothelium and smooth muscle [6]. Normal CO production in the body reaches 20 $\mu\text{mol/h}$ but is increased in trauma, diabetes, viral respiratory infections, metabolic syndrome, asthma and cystic fibrosis [4]. Based on our previous data, a hypothesis was formulated regarding the potential effect of CORM-2 on aquaporin receptors [2, 3].

Materials and methods. The control group received saline; the second group received carbon monoxide donor (carbon monoxide-releasing molecule-2, CORM-2) at a concentration of 25 mg/kg; the third group received internally pre-inactivated iCORM-2 (from which CO was removed). Retrograde perfusion of the coronary vessels of isolated mouse hearts was performed under conditions of constant pressure (70 ± 2 mm Hg) with a warm ($+37^\circ\text{C}$) Krebs-Henseleit perfusion solution. Heart electrograms were recorded during perfusion. The volumetric flow rate of the coronary flow was determined by measuring the volume of solution flowing out of the coronary vessels (in millilitres per minute). Glucose, calcium, creatinine and aspartate aminotransferase were analysed in the perfusate obtained.

Results and discussion. The effect of CORM-2 was to reduce the volumetric flow rate of the coronary flow to ischaemia by a quarter. The effect of CORM-2 stabilised coronary flow at the end of reperfusion (compared to the control, coronary flow did not decrease). It also led to a slight increase in glucose consumption. Exposure to CORM-2 caused a decrease in Ca^{2+} deposition by the myocardium. The release of creatinine, which is involved in the energy metabolism of muscle cells, was reduced with the introduction of CORM-2. As creatinine is a depot for macromolecules, this may indicate a rapid resynthesis of ATP and therefore better endurance under hypoxia [4]. This is consistent with an increase in glucose uptake, as creatine can activate glycolysis. After exposure to CORM-2, a reduced release of aspartate aminotransferase was observed, especially at the end of reperfusion. This enzyme is found in the cytoplasm and mitochondria, particularly in muscle tissue. It plays a key role in gluconeogenesis during periods of starvation or increased physical exertion. Its release from tissues is a marker of cytoplasmic membrane damage. This was not observed in our case. These changes suggest an influence of the compounds studied on the functional state of the mitochondria, which requires further investigation.

Some electrophysiological parameters of cardiac function under the influence of the CO donor differed from the control. In particular, the effect of CORM-2 increased the amplitude of the R wave before ischaemia and during reperfusion, but decreased it at the end of reperfusion.

Conclusions. The effect of CORM-2 reduced the volumetric flow rate of the isolated mouse heart. No effect of CORM-2 on myocardial glucose consumption was observed. Administration of CORM-2 and iCORM-2 inhibited myocardial Ca^{2+} uptake, particularly during reperfusion, indicating their ability to interact with calcium channels. They also reduced the release of creatinine. Administration of CORM-2 reduced the release of aspartate aminotransferase. The introduction of

CORM-2 affected ventricular depolarisation: the amplitude of the R wave was increased during perfusion, but decreased at the end of reperfusion. The interval between R waves was prolonged. These effects are associated with a reduction in the area of ischaemic myocardial damage.

References

1. Balla, J., Vercellotti, G.M., Jeney, V., Yachie, A., Varga, Z., Eaton, J.W., & Balla, G. (2005). Heme, heme oxygenase and ferritin in vascular endothelial cell injury. *Molecular nutrition & food research*, 49(11), 1030–1043. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200500076>
2. Beschasnyi, S., & Hasiuk, O. (2023). Carbon Monoxide and Their Donor (CORM-2) Change the Healing Rate of Skin Wound Healing in Mice Through Reduced Expression of Aquaporin-3. *Fabad Journal of Pharmaceutical Sciences*, 48(1), 1-10. <https://doi.org/10.55262/fabadezczacilik.1095369>
3. Beschasnyi, S.P., & Hasiuk, O.M. (2021). The effect of carbon monoxide's donor CORM-2 on erythrocyte aquaporins. *World of Medicine and Biology*, 17(76), 167-173. doi 10.26724/2079-8334-2021-2-76-167-173
4. Bettioli, A., Galora, S., Argento, F.R., Fini, E., Emmi, G., Mattioli, I., Bagni, G., Fiorillo, C., & Becatti, M. (2022). Erythrocyte oxidative stress and thrombosis. *Expert reviews in molecular medicine*, 24, e31. <https://doi.org/10.1017/erm.2022.25>
5. Głowacka, U., Brzozowski, T., & Magierowski, M. (2020). Synergisms, Discrepancies and Interactions between Hydrogen Sulfide and Carbon Monoxide in the Gastrointestinal and Digestive System Physiology, Pathophysiology and Pharmacology. *Biomolecules*, 10(3), 445. <https://doi.org/10.3390/biom10030445>
6. Robert, B., & Subramaniam, S. (2022). Gasotransmitter-Induced Therapeutic Angiogenesis: A Biomaterial Prospective. *ACS omega*, 7(50), 45849–45866. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c05599>

Tomasz Hetmański

WILK CANIS LUPUS W ZACHODNIEJ POLSCE W LATACH 2019-2022

Stowarzyszenie na Rzecz Wspierania Bioróżnorodności „Matecznik” w Szczecinku;

Institut Biologii, Uniwersytet Pomorski w Słupsku, 76-200 Słupsk, Polska

E-mail: tomasz.hetmanski@upsl.edu.pl

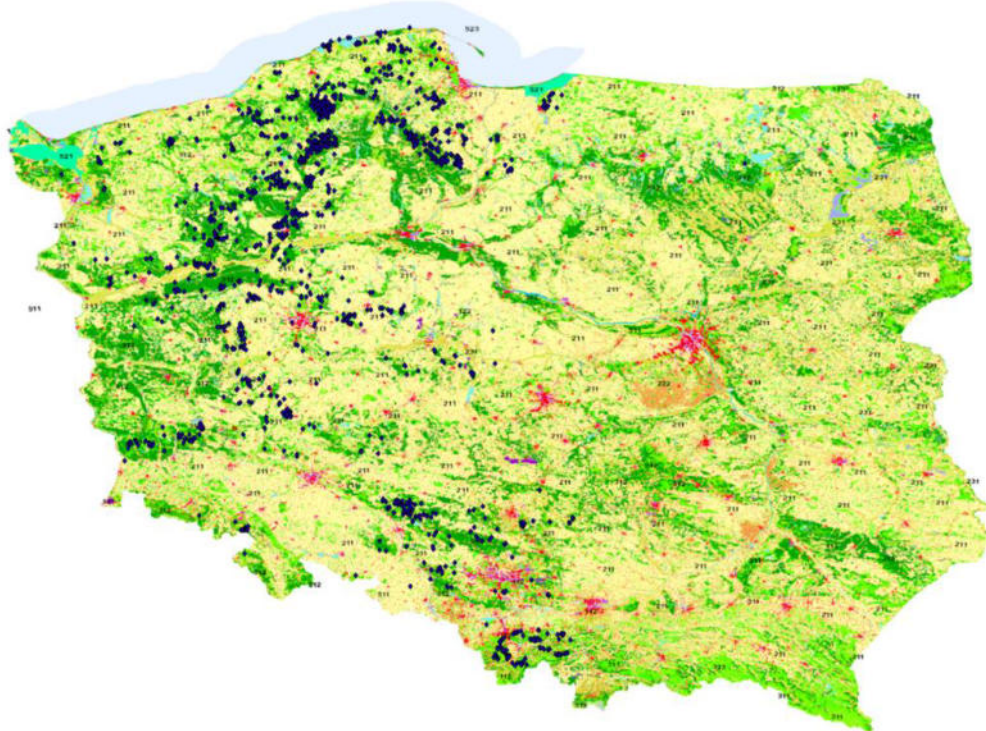
Słowa kluczowe: *Wilk Canis lupus, Zachodnia Polska, populacja wilka, ochrona przyrody, monitoring wilków, różnorodność biologiczna*

Europa to naturalny zasięg wilka. To zwierzę zostało całkowicie wyeliminowane co najmniej 150 lat temu z terenów większości krajów. Było uznawane za niebezpiecznego drapieżnika i szkodnika, a także jako bezpośrednie zagrożenie dla ludzi. W tamtym czasie polowanie na wilki było legalne i powszechne [2]. Obecnie na terenie Unii Europejskiej podlega całkowitej ochronie z mocy prawa DYREKTYWY RADY 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory. Na terenach Polski Zachodniej występuje odpowiednie środowisko dla rozwoju populacji wilków: wysoka lesistość w niektórych województwach, wysokie zagęszczenie ofiar i niższe zagęszczenie ludzi od średniej krajowej oraz mniejsza gęstość dróg. W 2012 roku populacja wilka w zachodniej Polsce wynosiła 140 osobników żyjących w 30 grupach rodzinnych [3, 4]. Do 2016 roku wilki zostały stwierdzone w 259 kwadratach obejmujących 20% terenu

zachodniej Polski. Badania pokazały, że drapieżniki osiedlały się na obszarach, które uznano jako dobre i bardzo dobre siedliska wilków.

Proces rekolonizacji wilka na terenach zachodniej Polski nadal trwa. W tych badaniach Stowarzyszenie Matecznik zainicjował nowe badania nad występowaniem wilka na terenie 8 Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych: Gdańsk, Szczecinek, Szczecin, Piła, Zielona Góra, Poznań, Wrocław i Katowice. Do zbierania danych uzyskanych na podstawie obserwacji terenowych wykorzystano aplikację w telefonach komórkowych. Obserwacje bezpośrednie i pośrednie wilków były prowadzone przez pracowników nadleśnictw i parków narodowych w okresie 2019-2022. Wyniki badań w okresie 4 letnich pokazały, że wilki występowały na terenie każdej Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych. Uzyskano dane z 119 nadleśnictw i 2 parków narodowych. Żadnych informacji nie otrzymano z 97 nadleśnictw. Łącznie zebrano 5421 doniesień dotyczących bezpośrednich i pośrednich obserwacji wilków. Najwięcej zanotowano na obszarze RDLP w Szczecinku, łącznie 1852. Stanowiło to 34 % wszystkich obserwacji z okresu 2019-2022. Niższe liczby danych napłynęły z nadleśnictw z Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych w Gdańsku $n=721$, Katowicach $n = 627$, Wrocławiu $n = 601$, Poznaniu $n = 503$, Pile $n = 421$, Szczecinie $n = 128$, a najmniej obserwacji wilków było na terenie RDLP Zielona Góra, $n = 27$. Uwzględniając podział administracyjny kraju na województwa, najwięcej obserwacji zebrano w województwie pomorskim ($n = 2110$), zachodniopomorskim ($n = 997$), wielkopolskim ($n = 791$), dolnośląskim ($n = 612$), śląskim ($n = 371$), opolskim ($n = 144$), a najmniej w lubuskim ($n = 134$).

Istnieje silna zależność występowania wilków od stopnia zalesienia terenu. Wilki widywane były głównie na terenach bogato zalesionych (Ryc.).



Ryc. Obserwacje wilków na tle kompleksów leśnych w zachodniej części Polski

Z naszych badań wynika, że proces rekolonizacji wilków w zachodniej Polsce nadal będzie postępował ponieważ nie wszystkie potencjalne tereny zostały zasiedlone. Udowodniono też, że u wilków występuje tendencja do zajmowania mniej korzystnych środowisk, co jest wynikiem konkurencji gatunkowej o terytoria. Przy wyższym zagęszczeniu, wilki będą zajmować nawet silnie zmienione otwarte środowiska, o ile dostępność dzikich zwierząt będzie odpowiednia. Coraz częściej pojawiają się w małych lasach i terenach otwartych a nawet rolniczych w sąsiedztwie wsi i miast. Zdaniem niektórych ekologów niedobór dzikich ssaków kopytnych (jelenia i sarny) oraz wzrost liczebności wilków będą podnosić prawdopodobieństwo ataków na zwierzęta domowe [1, 5]. Dotychczas takie ataki występowały rzadko, co pokazują doniesienia naszych obserwatorów terenowych. Opisywane były przypadki zabijania owiec, młodego bydła i psów.

Intencją autorów projektu „Występowanie wilków w zachodniej Polsce w latach 2019-2022” i jest dalsze inicjowanie dyskusji na poziomie władz krajowych, samorządowych oraz społeczeństwa nad sytuacją wilka w Polsce, zwłaszcza na terenach rekolonizowanych w ostatnim dwudziestoleciu. Przy pełnym poparciu potrzeby ochrony wilka, Stowarzyszenie „Matecznik” zauważa również istotne zagrożenia społeczne i ekonomiczne spowodowane niekontrolowanym rozwojem populacji. Należałoby je wyszczególnić i opracować metody zachowania gatunku w taki sposób, aby w drodze kontrolowania liczebności wilk przestał być gatunkiem konfliktowym.

Wilki, które niegdyś zostały wyeliminowane z Europy jako zagrożenie, dziś są chronione przez unijne prawo, a ich populacja w Polsce zachodniej stale rośnie. Warunki w tych rejonach, takie jak zalesienie i niskie zagęszczenie ludzi, sprzyjają rekolonizacji. Badania przeprowadzone w latach 2019-2022 na terenie ośmiu Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych ujawniły wzrost liczby obserwacji wilków, szczególnie w województwach Pomorskim i Zachodniopomorskim. Wzrost populacji wiąże się jednak z ryzykiem, gdyż wilki mogą wkraczać na tereny rolnicze i atakować zwierzęta gospodarskie. Stowarzyszenie „Matecznik” apeluje o zrównoważone podejście do ochrony wilka i kontrolę liczebności, aby zmniejszyć konflikty społeczne i ekonomiczne, jakie mogą wyniknąć z ich ekspansji.

Bibliografia

1. Dziki-Michalska K., & Tajchman K. (2021). Presja drapieżnicza wilka szarego (*Canis lupus* L. 1758) na zwierzęta dzikie, hodowlane i towarzyszące w Polsce na podstawie GUS. *Medycyna Weterynaryjna*, 77(10), 512-518. <https://dx.doi.org/10.21521/mw.6579>
2. Mysłajek, R.W., & Nowak, S. (2015). Not an easy road to success: the history of exploitation and restoration of the wolf population in Poland after World War Two. In: Masius M., Sprenger J. (ed.). *Fairytaile in question: Historical interactions between humans and wolves*. White Horse Press, Cambridge, pp. 247-258.
3. Nowak, S., & Mysłajek, R. (2019). Ekologia wilka (*Canis lupus*) na obszarach zrekolonizowanych w Polsce w XXI wieku. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 59(2), 58-76.
4. Nowak, S., & Mysłajek, R.W. (2016). Wolf recovery and population dynamics in Western Poland, 2001-2012. *Mammal Research*, 61, 83-98. <https://doi.org/10.1007/s13364-016-0263-3>

5. Nowak, S., Mysłajek, R.W., & Jędrzejewska, B. (2005). Patterns of wolf *Canis lupus* predation on wild and domestic ungulates in the Western Carpathian Mountains (S Poland). *Acta Theriologica*, 50, 263-276.

Natalia Kurhaluk, Halina Tkaczenko

SILENT LANGUAGE OF ATTRACTION: HOW PHEROMONES INFLUENCE BEHAVIOUR AND SOCIAL DYNAMICS ACROSS SPECIES

Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, 76-200 Słupsk, Poland

E-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

Keywords: *pheromones, chemical communication, social behaviour, attraction signals, interspecies interactions, behavioural biology*

Introduction. Pheromones are chemical messengers that facilitate communication within a species [23]. The existence of pheromones, those invisible chemical signals exchanged between members of the same species, was recognised long before they were actually identified. Pheromones are chemicals produced and released into the environment by animals and humans that affect the behaviour or physiology of other members of the same species. These chemical signals play a crucial role in communication, influencing a wide range of behaviours and physiological responses [17].

Charles Darwin suggested that the seasonal mating scents of male crocodiles, goats and other animals may have evolved through sexual selection, with females choosing the most aromatic males for mating [37]. However, pheromones are not restricted to sexual interactions. It is now recognised that they are used by species across the animal kingdom, in different habitats and in a wide range of biological contexts. These contexts range from trail, alarm and queen pheromones in social insects to the mammary pheromone produced by mother rabbits [38].

The study of pheromones has provided fascinating insights into the evolution of signalling systems. In certain model organisms, such as moths, *Drosophila*, *Caenorhabditis elegans* and *Mus musculus*, researchers have been able to genetically dissect complete signalling pathways, from the enzymes responsible for pheromone production, through perception by chemosensory receptors, to the neural circuits that process these signals [37].

The primary aim of this study is to explore and elucidate the extensive and fascinating influence of pheromones on behaviour and social interactions. This includes examining their crucial role in attraction, communication and organisation in different species, including humans. By presenting pheromones as a 'silent language', this work aims to reveal the hidden yet powerful means of communication that transcend verbal interactions, thereby enhancing our understanding of biological signalling mechanisms and their impact on social dynamics.

Key milestones in pheromone research. Pheromone research has made significant progress since its inception, marked by several key milestones that have

deepened our understanding of chemical communication in the animal kingdom [31, 37, 38]. Key milestones in pheromone research have shaped our understanding of chemical communication and its importance across species. From the discovery of insect sex pheromones to the identification of mammalian cues, these advances have laid the groundwork for further exploration of the role of pheromones in behaviour, ecology and evolution. In the future, continued interdisciplinary research promises to unravel the complexity of pheromonal signalling and its implications for biodiversity and human health [1].

Pheromones were discovered and first recognised as chemical signals in the 1950s, following studies of the reproductive behaviour of insects. The pioneering work of Adolf Butenandt and Peter Karlson in 1959 led to the isolation and identification of the first insect sex pheromone, bombykol, from the silkworm moth *Bombyx mori* [14]. This discovery revolutionised our understanding of insect communication and paved the way for further research into pheromonal signalling in different species.

Early studies of social insects, such as ants and bees, provided valuable insights into the role of pheromones in regulating colony behaviour. In the 1960s, studies by William Wilson and others elucidated the function of trail pheromones in ant foraging behaviour, showing how these chemical signals guide workers to food sources and back to the nest [7]. Subsequent studies revealed the importance of alarm pheromones in coordinating defensive responses, and queen pheromones in maintaining the reproductive hierarchy within colonies.

The search for human pheromones began in the 1970s. The identification of mammalian pheromones extended our understanding of pheromonal communication beyond insects and highlighted its importance in mammalian species. In the late 20th century, researchers turned their attention to mammalian pheromones to elucidate their role in reproductive and social behaviour. Studies in rodents, such as those by the teams of Martha McClintock and Michael Meredith [17, 23], demonstrated the existence of pheromonal cues that synchronise reproductive cycles and facilitate mate choice. Although specific bioactive compounds have yet to be identified, accumulating evidence suggests that human body odours elicit a variety of pheromone-like effects in recipients. These effects range from triggering innate behavioural responses and modulating endocrine levels to conveying social information and influencing mood and cognition [18].

In recent decades, significant advances in chemical ecology and neurobiology have made it possible to identify pheromone molecules and elucidate their mechanisms of action. The development of advanced analytical techniques, such as gas chromatography-mass spectrometry and functional magnetic resonance imaging, has enabled researchers to characterise pheromone mixtures and study their effects on neural circuits and behaviour [25]. These interdisciplinary approaches have pushed pheromone research to new frontiers, revealing the intricate mechanisms underlying chemical communication in the animal kingdom.

The role of pheromones in the animal kingdom. Odor communication in humans is undeniably important, although it operates primarily at an unconscious level rather than through active, deliberate means as observed in subhuman primates. In addition to its role in human sexual dynamics, olfactory communication influences several other aspects of human life and social structures [27]. These include the mother-child bond, the establishment of familial olfactory signatures that allow the identification of family members based on their scent alone, and other parameters that have been explored to date [19].

Pheromones serve as vital chemical messengers in the animal kingdom, facilitating a wide range of behaviours essential for survival and reproduction. In social insects such as ants and bees, pheromones play a crucial role in maintaining colony structure and function. Tracking pheromones help workers navigate and locate food sources, while alarm pheromones alert the colony to danger and trigger defensive behaviours. Queen pheromones regulate the reproductive hierarchy within the hive, ensuring that only the queen reproduces while suppressing the fertility of worker bees. These sophisticated pheromonal communication systems allow social insects to function as highly organised and efficient societies [2].

In mammals, pheromones significantly influence reproductive and social behaviour. For example, pheromones are critical for mate choice and synchronisation of reproductive cycles [41]. In rodents, male pheromones can induce estrus in females, thereby optimising the chances of successful mating. Similarly, female pheromones can influence male behaviour, increasing courtship and mating efforts. Pheromones also play a role in parent-offspring recognition, as seen in sheep and goats, where mothers can identify their offspring by scent alone, ensuring proper maternal care and bonding. This chemical communication is vital for maintaining social bonds and ensuring the continuation of the species [36].

In addition to reproductive behaviour, pheromones also regulate aggression and territoriality. In many species, pheromones mark territorial boundaries, helping individuals to avoid conflict and maintain social hierarchies. For example, wolves use scent markings to demarcate their territory, deterring intruders and reducing the likelihood of aggressive encounters. In addition, pheromones can signal social status and individual identity [3], as observed in primates where dominant individuals emit distinctive scents that communicate their rank within the group. This chemical signalling system is essential for maintaining social order and facilitating cooperation between group members. Overall, pheromones are essential for communication and organisation across the animal kingdom, influencing behaviours that are critical for survival, reproduction and social cohesion [8].

Mechanism of pheromone action. Pheromones play a crucial role in the modulation of various behavioural and physiological responses. Once detected by the sensory organs, these chemical signals undergo complex processing in the brain, particularly in the medial amygdala and hypothalamus [23]. Understanding this neural pathway provides insights into how pheromones influence behaviour and

endocrine function. The olfactory epithelium and the vomeronasal organ (VNO) are responsible for detecting pheromones. In the olfactory epithelium, which is found in most terrestrial mammals, pheromones are first detected by the olfactory epithelium, which contains olfactory sensory neurons. These neurons express specific receptors that bind to pheromone molecules. Another key structure in pheromone detection is the vomeronasal organ, which is located at the base of the nasal cavity [34]. The VNO contains vomeronasal sensory neurons that express vomeronasal receptors (V1Rs and V2Rs) that are highly sensitive to pheromones [16].

Pheromone signal transduction and transmission occurs through the activation of sensory neurons and subsequent transmission to the brain. The binding of pheromones to their receptors on sensory neurons triggers a cascade of intracellular events leading to the generation of electrical signals. These signals are then transmitted via the olfactory and accessory olfactory bulbs to various brain regions, including the medial amygdala and hypothalamus. The final stages of pheromone information processing occur in specific brain regions where the signals are integrated and translated into appropriate behavioural and physiological responses. These regions include primarily the medial amygdala and hypothalamus, but also involve other interconnected neural circuits [18].

The medial amygdala receives pheromonal signals from the accessory olfactory bulb [18]. This region is critical for integrating these signals and determining their social and emotional relevance. The medial amygdala plays an important role in behavioural responses. The medial amygdala is known to process information about the social context, such as the presence of potential mates or rivals, and modulate behaviour accordingly. It is involved in the initiation of behaviours such as aggression, mating and parental care. The medial amygdala is connected to several brain regions, including the hypothalamus, the bed nucleus of the stria terminalis (BNST) and the preoptic area [30]. This allows for a coordinated response to pheromonal signals. The BNST, part of the extended amygdala, works with the medial amygdala and hypothalamus to mediate sustained emotional and stress responses and plays a crucial role in social behaviour by modulating responses to pheromonal signals associated with anxiety and social avoidance.

The hypothalamus acts as a central hub for translating pheromonal signals into endocrine and behavioural responses, playing a crucial role in regulating homeostasis, reproductive behaviour and stress responses. Within the hypothalamus, specific nuclei are involved in different functions: The ventromedial hypothalamus is involved in aggression and defensive behaviour, integrating pheromonal signals to influence social hierarchy and territoriality; and the paraventricular nucleus regulates stress and reproductive hormones, controlling the release of oxytocin and vasopressin, key hormones in social bonding and stress responses [35].

Pheromones and human behaviour. The topic of pheromones and human behaviour explores the fascinating interplay between chemical signals and social interactions in human societies [12]. While the existence of pheromones in humans

remains controversial, there is growing evidence that certain chemical compounds emitted by the body can influence behaviour and physiology. Despite initial scepticism, studies have suggested that human sweat and other bodily secretions contain chemical signals that could act as potential pheromones. Research by scientists such as Martha McClintock's team has shown that axillary secretions contain volatile compounds that can elicit physiological responses in recipients [13, 17]. These findings have led to investigations into the role of pheromones in mate choice, menstrual synchrony and social bonding in humans.

At the same time, recent brain imaging studies have shown that body odours elicit neural responses that are distinct from those elicited by typical non-social odours. Two endogenous steroids, androsta-4,16,-dien-3-one and estra-1,3,5(10),16-tetraen-3-ol, have been proposed as potential candidates for human sex pheromones [4]. These substances have sexually dimorphic effects on human perception, mood and physiological arousal. In addition, they are reported to elicit different hypothalamic response patterns depending on the sex and sexual orientation of the recipient [39].

One area of particular interest is the influence of pheromones on mate choice and sexual attraction. Studies have suggested that individuals may be unconsciously influenced by the scent of potential mates, with certain odours eliciting feelings of arousal and desire. Research by Claus Wedekind et al. (1995) has shown that women prefer the scent of men whose immune systems are genetically different from their own, suggesting a potential role for pheromones in mate choice and reproductive success [33].

Pheromones play a crucial role in the selection of suitable partners, whether of the opposite sex or in the context of homosexual relationships. In addition, the formation of significant responses during communication between the sexes, particularly in the context of sexual dynamics, can be influenced by pheromone-based or traditional cosmetic perfumes, provided they are selected and applied appropriately. This dynamic is further facilitated when partners show compatibility in terms of olfactory preferences, as mutual attraction to each other's scent can significantly enhance the quality of their overall relationship and coexistence [40].

In recent years, there has been a surge of interest in elucidating the biological basis of human mate choice, providing a fresh perspective on a long-standing question. Roberts and Little (2008) reviewed recent studies that shed light on preferences for traits that potentially signal genetic quality to potential mates, with largely unexplored implications for offspring fitness [28]. These studies include assessments of visual, olfactory and auditory preferences for traits that serve as indicators of good genetic quality, such as dominance or bilateral symmetry. Individual differences in these preferences are mainly due to within- and between-individual variation in condition and reproductive status [28]. In addition, a body of research has revealed preferences for traits that suggest complementary genes, with a particular focus on detecting dissimilarity within genes of the major

histocompatibility complex (MHC). As with animal studies, scientists are only scratching the surface of understanding the nuances of trait preferences, their interconnectedness, and the significant variability they introduce into individual mate choice processes [10]. Furthermore, exploring how preferences across different sensory modalities overlap and influence each other is a fascinating avenue of investigation, with humans potentially serving as an optimal model species to unravel these complexities [9].

Another major advantage of sexual reproduction may be its ability to enable animals, including humans, to respond rapidly to constantly evolving environmental pressures, such as co-evolving parasites. This adaptive response would be most effective if females could transmit specific allele combinations, particularly those related to key loci such as the MHC, to their offspring, thus contributing to the ongoing arms race between parasites and hosts. A study of groups of schoolchildren by Wedekind et al. (1995) showed that MHC genotype not only influences body odours but also shapes preferences for these odours in humans, with female preferences depending on hormonal status. Using HLA-A, -B and -DR typing, both male and female students participated in an experiment in which male students wore T-shirts for two consecutive nights and female students subsequently rated the odours of these shirts [33]. The authors found that women rated the body odours of men with dissimilar MHC profiles as more attractive than those of men with similar profiles. Interestingly, this preference shift was reversed when the participants used oral contraceptives. In addition, the authors suggested that odours from MHC-dissimilar men were more likely to evoke memories of the participants' current or past partners than odours from MHC-similar men, suggesting a contemporary influence of MHC or related genes on human mate choice [32].

Evidence of pheromone-like effects in humans. In recent years, researchers have accumulated compelling evidence for the existence of pheromone-like effects in humans [39]. This has shed light on the complex role of chemical signals in human behaviour and social interactions. While the existence and function of pheromones in humans remains a topic of debate, several studies have provided intriguing insights into their potential influence. Physiological and behavioural responses indicative of pheromonal signalling have been observed in studies investigating the effects of human body odours on recipients. For example, early research by Martha McClintock demonstrated menstrual synchrony in women exposed to sweat samples collected at different stages of the menstrual cycle [22]. Similarly, studies investigating the effect of male armpit scent on female attraction have shown that certain scents can induce feelings of arousal and preference, suggesting a potential role for pheromones in mate choice [29].

The next aspect of the study relates to neurological correlates [21]. Advances in neuroscience have provided further evidence for pheromone-like effects in humans by identifying neural correlates of odour processing. Functional magnetic resonance imaging studies have revealed distinct neural responses to human body odours

compared to non-social odours, suggesting specialised mechanisms for the detection and interpretation of social chemosignals. These findings suggest that the human brain is equipped to detect and respond to pheromonal cues, although the specific molecules involved remain elusive. There is evidence that human chemical signals can influence social behaviour and emotional states beyond physiological and neurological responses. Changes in mood, emotional well-being and social interactions have been reported in studies investigating the effects of scent interventions, such as aromatherapy and pheromone-based products. While the mechanisms underlying these effects require further elucidation, they highlight the potential of pheromone-like compounds to modulate human behaviour and social dynamics [24].

Thus, the emerging evidence for pheromone-like effects in humans highlights the complexity of chemical communication and its impact on human behaviour and social interactions. While more research is needed to fully understand the nature and function of human pheromones, the evidence to date underscores the importance of considering olfactory cues in the context of human communication and interpersonal relationships.

Pheromone-based products. Pheromone-based products have gained popularity in recent years as a means to enhance interpersonal attraction and social interactions [5]. These products claim to contain synthetic versions of pheromones. They are said to mimic natural chemical signals to elicit specific behavioural responses in others. While the efficacy of such products remains controversial, they have generated considerable consumer interest and intrigue. Pheromone-based products are often marketed with the promise of increased confidence, attractiveness and success in social and romantic endeavours. Advertisements often depict scenarios in which individuals experience increased attention and admiration when using these products, enticing consumers with the lure of improved interpersonal relationships. The desire for self-improvement and the search for effective solutions to improve one's social standing are exploited in this marketing strategy [11].

Despite the enthusiastic marketing of pheromone-based products, scientific evidence of their effectiveness remains scarce and inconclusive. Many researchers question the validity of the claims made by manufacturers and point to the lack of rigorous empirical studies demonstrating the efficacy of these products in real-world settings. In addition, concerns have been raised about the ethical implications of exploiting consumer trust and perpetuating unsubstantiated claims about the power of synthetic pheromones [20].

Individual variability and response may be important in these suggestions about the challenges of evaluating pheromone-based products. This is due to the inherent variability of an individual's response to a chemical signal. Individuals may have different sensitivities to pheromones, influenced by factors such as genetics, hormonal status and past experience. As a result, the effectiveness of pheromone-based

products can vary greatly from one user to another, with some people reporting positive experiences and others having no discernible effect [15].

Beyond their purported physiological effects, pheromone-based products can have a psychological impact on users through the placebo effect [26]. Belief in the efficacy of these products can shape individuals' perceptions of themselves and their interactions with others, leading to self-fulfilling prophecies and increased self-confidence. While placebo effects can provide tangible benefits in terms of improved mood and self-esteem, they also highlight the importance of critical thinking and scepticism when evaluating the claims of pheromone-based product manufacturers [6].

Conclusions. This study underscores the fascinating and pervasive influence of pheromones on behaviour and social interactions, highlighting in particular their critical role in attraction, communication and organisation across various species, including humans. By presenting pheromones as a 'silent language', it captures the imagination by suggesting an invisible but powerful form of communication that goes beyond verbal interaction. This perspective not only highlights the biological significance of pheromones, but also invites a deeper exploration of their mysterious and powerful effects on both individual behaviour and social dynamics. Through diverse applications – from mating and territorial marking in animals to the potential influence on mood, attraction and even interpersonal dynamics in humans – pheromones reveal a sophisticated mode of communication that operates beyond the realm of conscious perception. Advances in neurobiology, genetics and analytical chemistry have enabled significant progress to be made in understanding pheromone production, detection and the neural pathways involved in processing these signals. However, much remains to be explored, particularly in relation to human chemosignals and their subtle effects on behaviour and physiology. As research in this field continues, it promises to provide deeper insights into the evolutionary importance of chemical communication, its impact on social structures, and its implications for human health and well-being.

References

1. Bigiani, A., Mucignat-Caretta, C., Montani, G., & Tirindelli, R. (2005). Pheromone reception in mammals. *Reviews of physiology, biochemistry and pharmacology*, 154, 1–35. <https://doi.org/10.1007/s10254-004-0038-0>.
2. Boland W. (2019). The chemistry of social insects. *Zeitschrift fur Naturforschung. C, Journal of biosciences*, 74(9-10), 219–220. <https://doi.org/10.1515/znc-2019-0139>.
3. Brennan, P.A., & Kendrick, K.M. (2006). Mammalian social odours: attraction and individual recognition. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 361(1476), 2061–2078. <https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1931>.
4. Chen, K., Ye, Y., Troje, N.F., & Zhou, W. (2021). Oxytocin modulates human chemosensory decoding of sex in a dose-dependent manner. *eLife*, 10, e59376. <https://doi.org/10.7554/eLife.59376>.
5. Cui, G.Z., & Zhu, J.J. (2016). Pheromone-Based Pest Management in China: Past, Present, and Future Prospects. *Journal of chemical ecology*, 42(7), 557–570. <https://doi.org/10.1007/s10886-016-0731-x>.

6. Cutler, W.B., & Genovese, E. (2002). Pheromones, sexual attractiveness and quality of life in menopausal women. *Climacteric: the journal of the International Menopause Society*, 5(2), 112–121.
7. Czaczkes, T.J., Grüter, C., & Ratnieks, F.L. (2015). Trail pheromones: an integrative view of their role in social insect colony organization. *Annual review of entomology*, 60, 581–599. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020627>.
8. Griffiths, P.R., & Brennan, P.A. (2015). Roles for learning in mammalian chemosensory responses. *Hormones and behavior*, 68, 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2014.08.010>.
9. Havlicek, J., & Roberts, S.C. (2009). MHC-correlated mate choice in humans: a review. *Psychoneuroendocrinology*, 34(4), 497–512. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.10.007>.
10. Havlíček, J., Winternitz, J., & Roberts, S.C. (2020). Major histocompatibility complex-associated odour preferences and human mate choice: near and far horizons. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 375(1800), 20190260. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0260>.
11. Hummel, H.E., Langner, S.S., & Eisinger, M.T. (2013). Pheromone dispensers, including organic polymer fibers, described in the crop protection literature: comparison of their innovation potential. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 78(2), 233–252.
12. Hummer, T.A., & McClintock, M.K. (2009). Putative human pheromone androstadienone attunes the mind specifically to emotional information. *Hormones and behavior*, 55(4), 548–559. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2009.01.002>.
13. Hummer, T.A., Phan, K.L., Kern, D.W., & McClintock, M.K. (2017). A human chemosignal modulates frontolimbic activity and connectivity in response to emotional stimuli. *Psychoneuroendocrinology*, 75, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.09.023>.
14. Jaffar-Bandjee, M., Figon, F., Cléménçon, P., Renard, J. B., & Casas, J. (2023). Aerosol Alteration of Behavioral Response to Pheromone in *Bombyx mori*. *Journal of chemical ecology*, 49(7-8), 353–362. <https://doi.org/10.1007/s10886-023-01431-4>.
15. Johansson, B.G., & Jones, T.M. (2007). The role of chemical communication in mate choice. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 82(2), 265–289. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2007.00009.x>.
16. Katreddi, R.R., & Forni, P.E. (2021). Mechanisms underlying pre- and postnatal development of the vomeronasal organ. *Cellular and molecular life sciences: CMLS*, 78(12), 5069–5082. <https://doi.org/10.1007/s00018-021-03829-3>.
17. Kern, D.W., Kaufmann, G.T., Hummer, T.A., Schumm, L.P., Wroblewski, K.E., Pinto, J.M., & McClintock, M.K. (2023). Androstadienone sensitivity is associated with attention to emotions, social interactions, and sexual behavior in older U.S. adults. *PloS one*, 18(1), e0280082. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280082>.
18. Liberles S.D. (2014). Mammalian pheromones. *Annual review of physiology*, 76, 151–175. <https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-021113-170334>.
19. Lübke, K.T., & Pause, B.M. (2015). Always follow your nose: the functional significance of social chemosignals in human reproduction and survival. *Hormones and behavior*, 68, 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2014.10.001>.
20. Luck, B.D., Chasen, E.M., Williams, P.J., & Steffan, S.A. (2021). Drones That Deliver: Pheromone-Based Mating Disruption Deployed *via* Uncrewed Aerial Vehicles in U.S. Cranberries. *Journal of economic entomology*, 114(5), 1910–1916. <https://doi.org/10.1093/jee/toab068>.
21. Martinez, D., Chaffiol, A., Voges, N., Gu, Y., Anton, S., Rospars, J.P., & Lucas, P. (2013). Multiphasic on/off pheromone signalling in moths as neural correlates of a search strategy. *PloS one*, 8(4), e61220. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061220>.
22. McClintock M. K. (1998). Whither menstrual synchrony?. *Annual review of sex research*, 9, 77–95.

23. Meredith, M., & Westberry, J.M. (2004). Distinctive responses in the medial amygdala to same-species and different-species pheromones. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 24(25), 5719–5725. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1139-04.2004>.
24. Motofei I.G. (2009). A dual physiological character for sexual function: libido and sexual pheromones. *BJU international*, 104(11), 1702–1708. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2009.08610.x>.
25. Novotny, M.V., & Soini, H.A. (2013). Analysis of volatile mouse pheromones by gas chromatography mass spectrometry. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 1068, 29–45. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-619-1_3.
26. Pereira, J.S., Salgirli Demirbas, Y., Meppiel, L., Endersby, S., da Graça Pereira, G., & De Jaeger, X. (2023). Efficacy of the Feliway® Classic Diffuser in reducing undesirable scratching in cats: A randomised, triple-blind, placebo-controlled study. *PloS one*, 18(10), e0292188. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292188>.
27. Porter, R.H., & Winberg, J. (1999). Unique salience of maternal breast odors for newborn infants. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 23(3), 439–449. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(98\)00044-x](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(98)00044-x).
28. Roberts, S.C., & Little, A.C. (2008). Good genes, complementary genes and human mate preferences. *Genetica*, 132(3), 309–321. <https://doi.org/10.1007/s10709-007-9174-1>.
29. Schank J. C. (2001). Menstrual-cycle synchrony: problems and new directions for research. *Journal of comparative psychology (Washington, D.C.: 1983)*, 115(1), 3–15. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.115.1.3>.
30. Swann J.M. (1997). Gonadal steroids regulate behavioral responses to pheromones by actions on a subdivision of the medial preoptic nucleus. *Brain research*, 750(1-2), 189–194. [https://doi.org/10.1016/s0006-8993\(96\)01348-0](https://doi.org/10.1016/s0006-8993(96)01348-0).
31. Tirindelli, R., Dibattista, M., Pifferi, S., & Menini, A. (2009). From pheromones to behavior. *Physiological reviews*, 89(3), 921–956. <https://doi.org/10.1152/physrev.00037.2008>.
32. Wedekind, C., & Furi, S. (1997). Body odour preferences in men and women: do they aim for specific MHC combinations or simply heterozygosity?. *Proceedings. Biological sciences*, 264(1387), 1471–1479. <https://doi.org/10.1098/rspb.1997.0204>.
33. Wedekind, C., Seebeck, T., Bettens, F., & Paepke, A.J. (1995). MHC-dependent mate preferences in humans. *Proceedings. Biological sciences*, 260(1359), 245–249. <https://doi.org/10.1098/rspb.1995.0087>.
34. Westberry, J.M., & Meredith, M. (2017). Characteristic Response to Chemosensory Signals in GABAergic Cells of Medial Amygdala Is Not Driven by Main Olfactory Input. *Chemical senses*, 42(1), 13–24. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjw096>.
35. Westberry, J., & Meredith, M. (2003). The influence of chemosensory input and gonadotropin releasing hormone on mating behavior circuits in male hamsters. *Brain research*, 974(1-2), 1–16. [https://doi.org/10.1016/s0006-8993\(03\)02535-6](https://doi.org/10.1016/s0006-8993(03)02535-6).
36. Wilson H.C. (1992). A critical review of menstrual synchrony research. *Psychoneuroendocrinology*, 17(6), 565–591. [https://doi.org/10.1016/0306-4530\(92\)90016-z](https://doi.org/10.1016/0306-4530(92)90016-z).
37. Wyatt T.D. (2017). *Pheromones. Current biology: CB*, 27(15), R739–R743. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.06.039>.
38. Wyatt, T.D. (2014). Introduction to Chemical Signaling in Vertebrates and Invertebrates. In: C. Mucignat-Caretta (Ed.), *Neurobiology of Chemical Communication*. CRC Press/Taylor & Francis.
39. Ye, Y., Lu, Z., & Zhou, W. (2021). Pheromone effects on the human hypothalamus in relation to sexual orientation and gender. *Handbook of clinical neurology*, 182, 293–306. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819973-2.00021-6>.
40. Zaviacic, M., Sisovsky, V., & Zaviacic, T. (2009). Cosmetic perfumes vs. human pheromones (natural chemical scents) of the human female and male in signalling and performing context of their sexual behaviour. *Bratislavske lekarske listy*, 110(8), 472–475.
41. Ziolkiewicz A. (2006). Menstrual synchrony: Fact or artifact?. *Human nature (Hawthorne, N.Y.)*, 17(4), 419–432. <https://doi.org/10.1007/s12110-006-1004-0>.

Tetiana Tiupova, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk
BIOLOGICAL ACTIVITY OF ENDOPHYTIC FUNGI

Institute of Biology, Pomeranian University in Stupsk, 76-200 Stupsk, Poland

E-mail: ttyupova@gmail.com, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

Keywords: *endophytic fungi, bioactive compounds, plant-microbe interactions, anticancer agents, symbiotic relationships, plant growth promotion*

In recent years, the global population has faced numerous health challenges, including a range of diseases such as cancer, diabetes, cardiovascular disease and multi-drug resistance, all of which pose significant threats to humanity [40, 41]. Despite advances in vaccines and drugs, infectious diseases continue to cause high mortality. For example, diarrhoeal diseases kill approximately 525,000 children under the age of five each year [34]. In addition, about 33 million people are living with HIV, with two million deaths reported in the last decade [30]. The International Health Organization has highlighted the importance of protecting natural resources for the development of new therapeutics [18]. Plants, as an important natural resource, have long been recognised for their therapeutic potential and have been used for thousands of years to treat various diseases [32]. Today, approximately 40% of modern medicines are derived from plants, largely due to their relatively low side effects [10]. Plants produce various secondary metabolites, including phenols, terpenes and alkaloids, which play a crucial role in their ability to compete with other organisms during different stages of stress and development [3]. These small molecules have significant effects not only on plants, but also on humans and other organisms [11].

Endophytes, which are endosymbiotic microbes that colonise plants, together with other microbes and their bioactive metabolites, represent important natural sources for the development of promising therapeutic agents [20]. The potential of endophytes and their metabolites as biotherapeutic agents has attracted considerable interest [35]. These endophytes are associated with healthy plant tissues and are found in various internal parts of the plant such as roots, stems, petioles and other components where they reside as endophytes [15]. Endophytes gained considerable attention when it was discovered that they can produce bioactive secondary metabolites with diverse molecular structures, often beyond the reach of synthetic chemistry [37]. They play a crucial role in the development and survival of plants and in the regulation of certain defence mechanisms. Endophytes establish a complex balance to define the host boundary and establish a mutualistic relationship with the plant [23]. During plant stress conditions, endophytes secrete various secondary metabolites into plant cells and integrate them into stress response pathways [37]. The secretion of stress regulatory molecules such as gibberellins, cytokinins, salicylic acid and indole-3-acetic acid promotes plant growth and development and drives many physiological changes in the plant [7, 14, 33].

Endophytic fungi are a rich source of secondary metabolites, i.e. organic compounds that are not directly involved in the normal growth, development or reproduction of the organism. These metabolites often play a crucial role in the interactions between endophytes and their host plants, as well as in the survival strategies of the endophytes [35]. Figure 1 provides an overview of the different secondary metabolites produced by endophytic fungi.

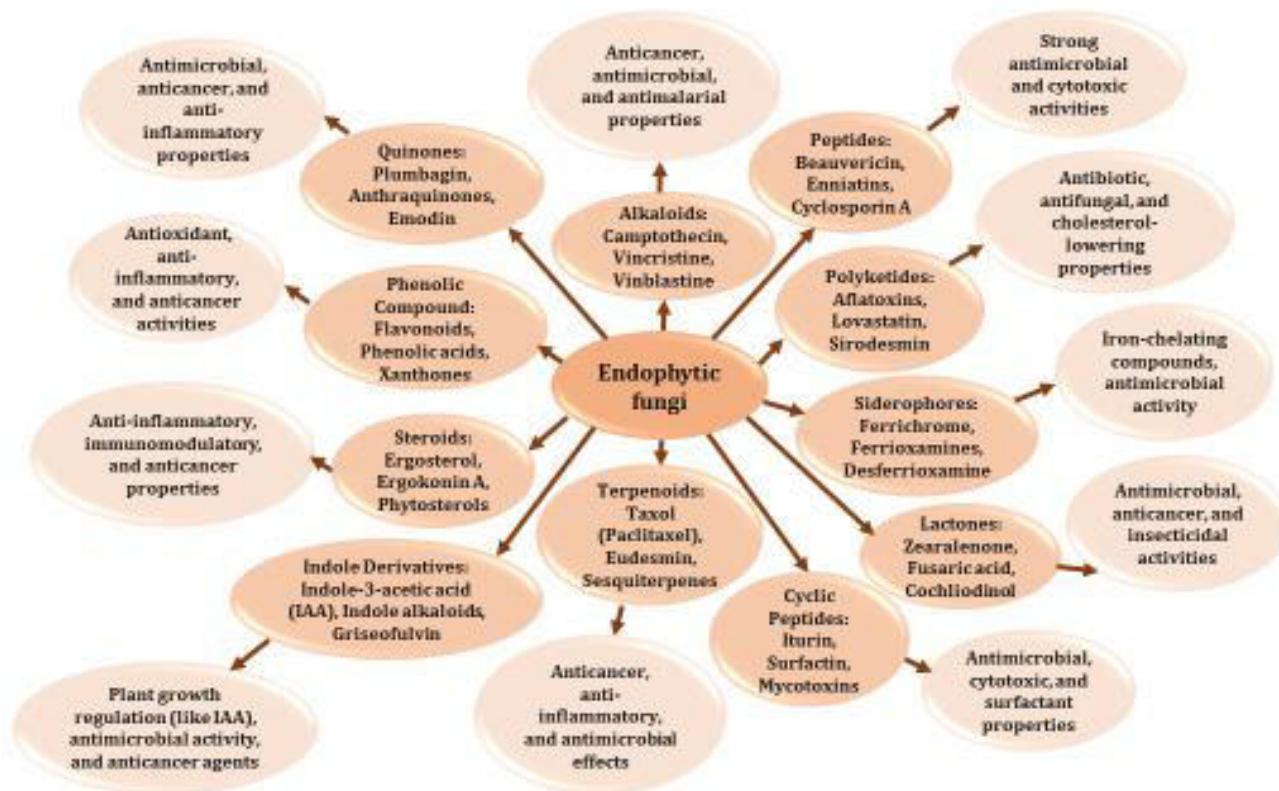


Figure 1. Endophytic fungi as a valuable source of secondary metabolites with a broad spectrum of biological activities

Production of bioactive compounds. The biochemical and pharmaceutical industries rely heavily on endophytic fungi as a source of novel therapeutic biomolecules, including immunosuppressants, anticancer agents, plant growth promoters, volatile antimicrobials, insecticides, antioxidants and antibiotics [16]. These biomolecules have significant potential for various medical applications. In addition, endophytic microorganisms increase a plant's resistance to nutrient deficiencies, high temperatures, salts, trace metals and water shortages [35]. Important industrial enzymes such as amylase, cellulase, lyase and laccase are synthesised by endophytes [8].

The synthesis of antibiotics by metabolic pathways is widely recognised as an effective strategy to protect plants from disease. Several bioactive compounds produced by endophytes can inhibit phytopathogens, although only a few of these compounds have been extensively studied [29]. Endophytes produce a wide range of metabolites, most of which have antimicrobial properties. These metabolites include

alkaloids, flavonoids, peptides, phenols, polyketides, quinones, steroids and terpenoids [12, 25].

Plant growth promotion. Micronutrient metals such as nickel, copper, zinc and iron are essential for soil plants and microorganisms, but their bioavailability is often limited by environmental factors [31]. The low bioavailability of Fe(III) results from the formation of insoluble oxygen hydroxide phases under harsh environmental conditions. This iron deficiency can lead to chlorosis in plants, reducing their metabolic activity and biomass. To counteract these stresses, plants and microbes have developed chelation strategies to increase metal availability [26]. In particular, endophytes secrete small molecules called siderophores that chelate iron and increase its bioavailability to plants [2, 12]. These siderophores can dissolve iron in the soil due to their strong affinity for the substrate, making the iron available for plant growth while limiting iron acquisition by phytopathogens, thereby inhibiting their proliferation [28].

Some aspects of the biological activity of endophytic fungi are shown in Figure 2.

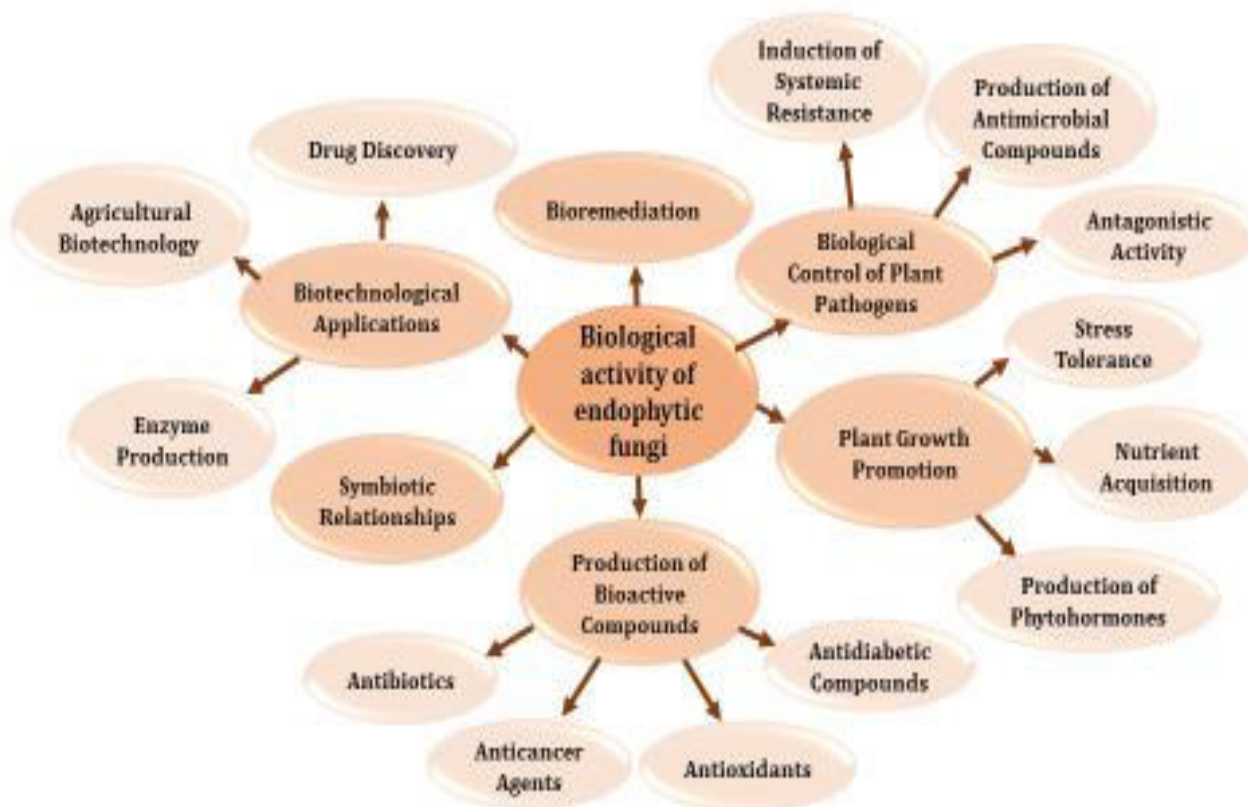


Figure 2. Biological activity of endophytic fungi

Bioremediation. Over the past century, industrialisation has increased significantly, resulting in the release of various anthropogenic chemicals into the environment. These pollutants include polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), petroleum hydrocarbons (PHCs), halogenated hydrocarbons, salts, solvents, pesticides and heavy metals [9]. Microbe-assisted phytoremediation has emerged as an effective method to address these environmental problems. Endophytic fungi have

the ability to degrade environmental contaminants, including heavy metals and organic pollutants. They can transform or detoxify pollutants within plant tissues or the surrounding soil, thus contributing to environmental remediation. The close relationship between endophytes and their host plants enhances the phytoremediation process [13]. Many endophytes have been found to tolerate high concentrations of heavy metals and degrade organic contaminants. Due to prolonged exposure to elevated metal concentrations stored in hyperaccumulator plants, endophytes associated with these plants may have developed resistance to the deleterious effects of metal exposure [4].

Biotechnological applications. Endophytic fungi are a source of industrial enzymes used in various biotechnological processes. Endophytes also produce lytic enzymes such as amylases, lipases, cellulases, pectinases, proteases, phosphatases, hemicellulases, chitinases and 1,3-glucanases [8], which help them to form symbiotic relationships with host plants and control plant pathogens. For example, cellulases produced by endophytic fungi such as *Epicoccum nigrum*, *Trichoderma asperellum* and *Alternaria longipes* have been shown to inhibit pathogens such as *Epicoccum sorghinum*, *Alternaria alternata*, *Fusarium thapsinum* and *Curvularia lunata in vitro* by hydrolysing their cell walls [12]. The lytic enzymes produced by endophytes are often more robust and can function over a wider range of pH, temperature and pressure than traditional chemical catalysts [35]. These properties make them highly suitable for commercial applications in industries such as food, detergents, paper, pharmaceuticals, energy and biofuels. For example, endophytic amylase hydrolyses starch by accelerating the formation of 1,4-glycosidic linkages [35].

Anticancer agents. Cancer is the second leading cause of death worldwide after cardiovascular diseases [27]. Treating cancer with natural products derived from endophytic organisms offers a safer, more biocompatible, less toxic and less resistant alternative to conventional therapies [5, 24]. Some endophytic fungi synthesise compounds with cytotoxic properties that can induce apoptosis in cancer cells. For example, paclitaxel, a compound used to treat Kaposi's sarcoma, prostate, lung and ovarian cancer, works by binding to tubulin and preventing its depolymerisation during cell division [36]. Taxol, isolated from diseased fruits of the chilli plant, has shown cytotoxic activity against the human cell lines MCF-7, HLK-210 and HL-251 [21]. Endophytes such as *Sinopodophyllum hexandrum* and *Dyosma veitchii* produce podophyllotoxin, a compound used to treat leukaemia, testicular, prostate, lung and ovarian cancers [22]. Camptothecin is another potent cytotoxic compound used to treat solid tumours of the liver, bladder, lung and ovary [39]. One study showed that camptothecin extracted from *Aspergillus niger* induced apoptosis in colon cancer cell lines, with cell death occurring at doses as low as 7.8 mg/l to as high as 1,000 mg/l, resulting in cell viability rates of 11.85% and 65.13%, respectively [6]. In addition, *Fusarium oxysporum* produces the anticancer compound vinblastine in *Catharanthus roseus*, which is effective against lymphoblastic leukaemia and HepG-2 cancer cell lines at a concentration of 7.48 g/ml [21].

Antidiabetic compounds. Certain metabolites from endophytic fungi can regulate blood glucose levels by affecting insulin activity or glucose metabolism. Recent research suggests that endophytic fungi may be a promising source of anti-diabetic compounds [1, 17]. For example, the endophytic fungus *Nigrospora oryzae*, found in the leaves of *Combretum dolichopetalum*, has been shown to reduce fasting blood glucose levels in diabetic mice after administration of its purified components [38]. These components include abscisic acid, 7 α -hydroxy abscisic acid and 4-des-hydroxy altersolanol A. In addition, Indrianingsih and Tachibana (2017) demonstrated that 8-hydroxy-6,7-dimethoxy-3-methyl isocoumarins, produced by the endophytic fungus *Xylariaceae* spp. in the stem of *Quercus gilva* Blume, exhibit potent glucosidase inhibitory activity [19].

In summary, the study of the biological activity of endophytic fungi reveals their enormous potential in various fields, including medicine, agriculture and biotechnology. These fungi are prolific producers of bioactive compounds with antimicrobial, anticancer, antioxidant and other therapeutic properties. They also play a crucial role in promoting plant growth, enhancing stress tolerance and protecting plants from pathogens through their symbiotic relationships. In addition, endophytic fungi contribute to environmental sustainability through bioremediation, providing a natural solution for the detoxification of pollutants. These fungi have attracted considerable attention due to their diverse biological activities and potential applications in agriculture, medicine and biotechnology. Figure 2 provides an overview of the biological activity of endophytic fungi.

The diverse applications of endophytic fungi highlight their importance in both natural ecosystems and applied sciences. Their ability to produce novel compounds makes them valuable in drug discovery, while their role in sustainable agriculture highlights their potential to reduce dependence on chemical fertilisers and pesticides. However, despite promising results, the complexity of endophyte-plant interactions and the variability of fungal bioactivity across species and environmental conditions require further research. Future research can expand the understanding of endophytic fungi and improve their application in various industries, ultimately contributing to human health, sustainable agriculture and environmental conservation.

References

1. AbdelRazek, M.M.M., Elissawy, A.M., Mostafa, N.M., Moussa, A.Y., Elanany, M.A., Elshanawany, M.A., & Singab, A.N.B. (2023). Chemical and Biological Review of Endophytic Fungi Associated with *Morus* sp. (Moraceae) and *In Silico* Study of Their Antidiabetic Potential. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(4), 1718. <https://doi.org/10.3390/molecules28041718>.
2. Ahmed, E., & Holmström, S.J. (2014). Siderophores in environmental research: roles and applications. *Microbial biotechnology*, 7(3), 196–208. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12117>.
3. Al-Khayri, J.M., Rashmi, R., Toppo, V., Chole, P.B., Banadka, A., Sudheer, W.N., Nagella, P., Shehata, W.F., Al-Mssallem, M.Q., Alessa, F.M., Almaghasla, M.I., & Rezk, A.A. (2023). Plant Secondary Metabolites: The Weapons for Biotic Stress Management. *Metabolites*, 13(6), 716. <https://doi.org/10.3390/metabo13060716>.

4. Anand, U., Pal, T., Yadav, N., Singh, V. K., Tripathi, V., Choudhary, K. K., Shukla, A.K., Sunita, K., Kumar, A., Bontempi, E., Ma, Y., Kolton, M., & Singh, A.K. (2023). Current Scenario and Future Prospects of Endophytic Microbes: Promising Candidates for Abiotic and Biotic Stress Management for Agricultural and Environmental Sustainability. *Microbial ecology*, 86(3), 1455–1486. <https://doi.org/10.1007/s00248-023-02190-1>.
5. Asma, S.T., Acaroz, U., Imre, K., Morar, A., Shah, S.R.A., Hussain, S.Z., Arslan-Acaroz, D., Demirbas, H., Hajrulai-Musliu, Z., Istanbulgil, F.R., Soleimanzadeh, A., Morozov, D., Zhu, K., Herman, V., Ayad, A., Athanassiou, C., & Ince, S. (2022). Natural Products/Bioactive Compounds as a Source of Anticancer Drugs. *Cancers*, 14(24), 6203. <https://doi.org/10.3390/cancers14246203>.
6. Aswani, A., & Soundhari, C. (2018). Production of camptothecin from endophytic fungi and characterization by high-performance liquid chromatography and anticancer activity against colon cancer cell line. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 11, 166. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2018.v11i3.18921>.
7. Bagautdinova, Z. Z., Omelyanchuk, N., Tyapkin, A. V., Kovrizhnykh, V. V., Lavrekha, V. V., & Zemlyanskaya, E. V. (2022). Salicylic Acid in Root Growth and Development. *International journal of molecular sciences*, 23(4), 2228. <https://doi.org/10.3390/ijms23042228>.
8. Bhadra, F., Gupta, A., Vasundhara, M., & Reddy, M. S. (2022). Endophytic fungi: a potential source of industrial enzyme producers. *3 Biotech*, 12(4), 86. <https://doi.org/10.1007/s13205-022-03145-y>.
9. Bisht, S., Pandey, P., Bhargava, B., Sharma, S., Kumar, V., & Sharma, K.D. (2015). Bioremediation of polyaromatic hydrocarbons (PAHs) using rhizosphere technology. *Brazilian journal of microbiology: publication of the Brazilian Society for Microbiology*, 46(1), 7–21. <https://doi.org/10.1590/S1517-838246120131354>.
10. Ekor M. (2014). The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Frontiers in pharmacology*, 4, 177. <https://doi.org/10.3389/fphar.2013.00177>.
11. Elshafie, H.S., Camele, I., & Mohamed, A.A. (2023). A Comprehensive Review on the Biological, Agricultural and Pharmaceutical Properties of Secondary Metabolites Based-Plant Origin. *International journal of molecular sciences*, 24(4), 3266. <https://doi.org/10.3390/ijms24043266>.
12. Fadiji, A.E., & Babalola, O.O. (2020). Elucidating Mechanisms of Endophytes Used in Plant Protection and Other Bioactivities With Multifunctional Prospects. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 8, 467. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00467>.
13. Feng, N.X., Yu, J., Zhao, H.M., Cheng, Y.T., Mo, C.H., Cai, Q.Y., Li, Y.W., Li, H., & Wong, M.H. (2017). Efficient phytoremediation of organic contaminants in soils using plant-endophyte partnerships. *The Science of the total environment*, 583, 352–368. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.075>.
14. Fu, S.F., Wei, J.Y., Chen, H.W., Liu, Y.Y., Lu, H.Y., & Chou, J.Y. (2015). Indole-3-acetic acid: A widespread physiological code in interactions of fungi with other organisms. *Plant signaling & behavior*, 10(8), e1048052. <https://doi.org/10.1080/15592324.2015.1048052>.
15. Gouda, S., Das, G., Sen, S.K., Shin, H.S., & Patra, J.K. (2016). Endophytes: A Treasure House of Bioactive Compounds of Medicinal Importance. *Frontiers in microbiology*, 7, 1538. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01538>.
16. Gupta, A., Meshram, V., Gupta, M., Goyal, S., Qureshi, K.A., Jaremko, M., & Shukla, K.K. (2023). Fungal Endophytes: Microfactories of Novel Bioactive Compounds with Therapeutic Interventions; A Comprehensive Review on the Biotechnological Developments in the Field of Fungal Endophytic Biology over the Last Decade. *Biomolecules*, 13(7), 1038. <https://doi.org/10.3390/biom13071038>.
17. Hashem, A.H., Attia, M.S., Kandil, E.K., Fawzi, M.M., Abdelrahman, A.S., Khader, M.S., Khodaira, M.A., Emam, A.E., Goma, M.A., & Abdelaziz, A.M. (2023). Bioactive compounds and

- biomedical applications of endophytic fungi: a recent review. *Microbial cell factories*, 22(1), 107. <https://doi.org/10.1186/s12934-023-02118-x>.
18. Holst J. (2020). Global Health – emergence, hegemonic trends and biomedical reductionism. *Globalization and health*, 16(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s12992-020-00573-4>.
 19. Indriarningsih, A.W., Tachibana, S. (2017). α -Glucosidase inhibitor produced by an endophytic fungus, *Xylariaceae* sp. QGS 01 from *Quercus gilva* Blume. *Food Science and Human Wellness*, 6, 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2017.05.001>.
 20. Jha, P., Kaur, T., Chhabra, I., Panja, A., Paul, S., Kumar, V., & Malik, T. (2023). Endophytic fungi: hidden treasure chest of antimicrobial metabolites interrelationship of endophytes and metabolites. *Frontiers in microbiology*, 14, 1227830. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1227830>.
 21. Kousar, R., Naeem, M., Jamaludin, M.I., Arshad, A., Shamsuri, A.N., Ansari, N., Akhtar, S., Hazafa, A., Uddin, J., Khan, A., & Al-Harrasi, A. (2022). Exploring the anticancer activities of novel bioactive compounds derived from endophytic fungi: mechanisms of action, current challenges and future perspectives. *American journal of cancer research*, 12(7), 2897–2919.
 22. Leung, J.C., & Cassimeris, L. (2019). Reorganization of paclitaxel-stabilized microtubule arrays at mitotic entry: roles of depolymerizing kinesins and severing proteins. *Cancer biology & therapy*, 20(10), 1337–1347. <https://doi.org/10.1080/15384047.2019.1638678>.
 23. Li, Z., Wen, W., Qin, M., He, Y., Xu, D., & Li, L. (2022). Biosynthetic Mechanisms of Secondary Metabolites Promoted by the Interaction Between Endophytes and Plant Hosts. *Frontiers in microbiology*, 13, 928967. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.928967>.
 24. Lin, S.R., Chang, C.H., Hsu, C.F., Tsai, M.J., Cheng, H., Leong, M.K., Sung, P.J., Chen, J.C., & Weng, C.F. (2020). Natural compounds as potential adjuvants to cancer therapy: Preclinical evidence. *British journal of pharmacology*, 177(6), 1409–1423. <https://doi.org/10.1111/bph.14816>.
 25. Lugtenberg, B.J., Caradus, J.R., & Johnson, L.J. (2016). Fungal endophytes for sustainable crop production. *FEMS microbiology ecology*, 92(12), fiw194. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiw194>.
 26. Molnár, Z., Solomon, W., Mutum, L., & Janda, T. (2023). Understanding the Mechanisms of Fe Deficiency in the Rhizosphere to Promote Plant Resilience. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12(10), 1945. <https://doi.org/10.3390/plants12101945>.
 27. Nagai, H., & Kim, Y.H. (2017). Cancer prevention from the perspective of global cancer burden patterns. *Journal of thoracic disease*, 9(3), 448–451. <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.02.75>.
 28. Pandey S.S. (2023). The Role of Iron in Phytopathogenic Microbe-Plant Interactions: Insights into Virulence and Host Immune Response. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12(17), 3173. <https://doi.org/10.3390/plants12173173>.
 29. Pimentel, M.R., Molina, G., Dionísio, A.P., Maróstica Junior, M.R., & Pastore, G.M. (2011). The use of endophytes to obtain bioactive compounds and their application in biotransformation process. *Biotechnology research international*, 2011, 576286. <https://doi.org/10.4061/2011/576286>.
 30. Quinn T.C. (2008). HIV epidemiology and the effects of antiviral therapy on long-term consequences. *AIDS (London, England)*, 22 Suppl 3(Suppl. 3), S7–S12. <https://doi.org/10.1097/01.aids.0000327510.68503.e8>.
 31. Ravet, K., & Pilon, M. (2013). Copper and iron homeostasis in plants: the challenges of oxidative stress. *Antioxidants & redox signaling*, 19(9), 919–932. <https://doi.org/10.1089/ars.2012.5084>.
 32. Rizvi, S.A.A., Einstein, G.P., Tulp, O.L., Sainvil, F., & Branly, R. (2022). Introduction to Traditional Medicine and Their Role in Prevention and Treatment of Emerging and Re-Emerging Diseases. *Biomolecules*, 12(10), 1442. <https://doi.org/10.3390/biom12101442>.
 33. Shaffique, S., Khan, M. A., Wani, S. H., Pande, A., Imran, M., Kang, S. M., Rahim, W., Khan, S. A., Bhatta, D., Kwon, E. H., & Lee, I. J. (2022). A Review on the Role of Endophytes and Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Mitigating Heat Stress in Plants. *Microorganisms*, 10(7), 1286. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071286>.

34. Shine, S., Muhamud, S., Adanew, S., Demelash, A., & Abate, M. (2020). Prevalence and associated factors of diarrhea among under-five children in Debre Berhan town, Ethiopia 2018: a cross sectional study. *BMC infectious diseases*, 20(1), 174. <https://doi.org/10.1186/s12879-020-4905-3>.
35. Singh, V.K., & Kumar, A. (2023). Secondary metabolites from endophytic fungi: Production, methods of analysis, and diverse pharmaceutical potential. *Symbiosis* (Philadelphia, Pa.), 1–15. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s13199-023-00925-9>.
36. Sousa-Pimenta, M., Estevinho, L.M., Szopa, A., Basit, M., Khan, K., Armaghan, M., Ibrayeva, M., Sönmez Gürer, E., Calina, D., Hano, C., & Sharifi-Rad, J. (2023). Chemotherapeutic properties and side-effects associated with the clinical practice of terpene alkaloids: paclitaxel, docetaxel, and cabazitaxel. *Frontiers in pharmacology*, 14, 1157306. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1157306>.
37. Tsipinana, S., Husseiny, S., Alayande, K.A., Raslan, M., Amoo, S., & Adeleke, R. (2023). Contribution of endophytes towards improving plant bioactive metabolites: a rescue option against red-taping of medicinal plants. *Frontiers in plant science*, 14, 1248319. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1248319>.
38. Uzor, P.F., Osadebe, P.O., & Nwodo, N.J. (2017). Antidiabetic Activity of Extract and Compounds from an Endophytic Fungus *Nigrospora oryzae*. *Drug research*, 67(5), 308–311. <https://doi.org/10.1055/s-0042-122777>.
39. Venditto, V.J., & Simanek, E.E. (2010). Cancer therapies utilizing the camptothecins: a review of the *in vivo* literature. *Molecular pharmaceuticals*, 7(2), 307–349. <https://doi.org/10.1021/mp900243b>.
40. Ventola C.L. (2015). The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. *P & T: a peer-reviewed journal for formulary management*, 40(4), 277–283.
41. Yeates, K., Lohfeld, L., Sleeth, J., Morales, F., Rajkotia, Y., & Ogedegbe, O. (2015). A Global Perspective on Cardiovascular Disease in Vulnerable Populations. *The Canadian journal of cardiology*, 31(9), 1081–1093. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2015.06.035>.

Małgorzata Gradziuk^{1,2}, Halina Tkaczenko², Natalia Kurhaluk²

**TRENDY W KRWIODAWSTWIE: WIEDZA, PRAKTYKA I OCZEKIWANIA
DAWCÓW KRWI NA PRZESTRZENI OSTATNICH 10 LAT**

¹Regionalne Centrum Krwiodawstwa i Krwiolecznictwa im. Jana Pawła II, 76-200 Słupsk, Polska;

²Instytut Biologii, Uniwersytet Pomorski w Słupsku, 76-200 Słupsk, Polska

E-mail: gosiagra@op.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

Słowa kluczowe: trendy w krwiodawstwie, dawcy krwi, wiedza o krwiodawstwie, praktyki krwiodawstwa, oczekiwania dawców, zmiany w krwiodawstwie

Krwiodawstwo jest fundamentem współczesnej medycyny, odgrywając kluczową rolę w ratowaniu życia i wspieraniu zdrowia milionów ludzi na całym świecie [14]. W ciągu ostatnich 10 lat zmieniające się uwarunkowania społeczne, technologiczne oraz medyczne wpłynęły na rozwój tej dziedziny, kształtując nowe trendy w zakresie wiedzy, praktyk i oczekiwań dawców krwi. Zrozumienie tych zmian jest niezbędne dla skutecznego zarządzania zasobami krwi, poprawy jakości opieki nad dawcami oraz dostosowania działań edukacyjnych i promocyjnych do potrzeb współczesnego społeczeństwa [3, 15].

Krew jest w dalszym ciągu niezastąpiona w leczeniu wielu chorób, gdyż dotychczas, pomimo wielu prób nie udało się stworzyć metodami laboratoryjnymi jej

sztucznego odpowiednika. Dlatego też, jedynym sposobem na jej pozyskanie nadal pozostaje jej oddawanie przez honorowych dawców krwi [5]. W związku z powyższym zapewnienie dostępności krwi i jej składników dla lecznictwa należy do najważniejszych zadań systemu ochrony zdrowia, w zakresie zagwarantowania pacjentom niezbędnego leczenia [4, 10].

Podstawowym celem systemu krwiodawstwa i krwiolecznictwa jest zapewnienie wystarczającej ilości krwi i jej składników do użytku klinicznego. Aby sprostać tym zadaniom niezbędna jest odpowiednia liczba honorowych dawców krwi, regularnie oddających krew i jej składniki [4]. Krwiodawstwo w Polsce jest oparte na zasadzie dobrowolnego, anonimowego i bezpłatnego oddawania krwi. Rozwój medycyny w Polsce, nowoczesnych metod leczenia jest ściśle związany ze zwiększonym zapotrzebowaniem na krew i jej składniki, w szczególności w takich dziedzinach medycyny jak transplantologia, onkologia, hematologia, chirurgia sercowo-naczyniowa czy kardiologia [12, 13].

Sytuacja w krwiodawstwie i krwiolecznictwie jest dynamiczna, ściśle związana z demografią, zarówno w Polsce jak i w większości krajów europejskich systematycznie rośnie średnia długość życia, przy jednoczesnym zmniejszaniu się liczebności grupy potencjalnych dawców krwi. Sytuacja demograficzna oraz zachodzące w tym zakresie zmiany powodują, że wzrasta liczba udzielanych świadczeń zdrowotnych, co bezpośrednio przekłada się na zużycie krwi i jej składników [7]. W związku z powyższym obecna oraz prognozowana sytuacja demograficzna, charakteryzująca się starzejącym się społeczeństwem, wywiera wpływ na sytuację w krwiodawstwie. Trend ten obserwowany jest nie tylko w Polsce, ale także w Europie. Konieczne jest zatem podejmowanie określonych, zaplanowanych działań zmierzających do motywowania potencjalnych dawców krwi do oddawania krwi, ze szczególnym naciskiem na osoby młode, które w przyszłości staną się bazą regularnych dawców krwi. Kluczem do pozyskania i utrzymania odpowiedniej liczby dawców jest edukacja, mająca na celu uświadamianie, jak ważne jest oddawanie krwi. Krwi nie da się wyprodukować, jedynym jej źródłem jest organizm ludzki [8, 13].

Analizując strukturę dawców w Polsce bardzo ważne jest inicjowanie działań mających na celu zwiększenie liczby osób oddających krew i jej składniki. Trzy grupy krwi A RhD+, O RhD+ oraz BRhD+ stanowią 78% udziału rozkładu procentowego wszystkich grup krwi w Polsce, jednak nie należy pomijać pozostałych grup krwi, wszystkie są potrzebne, ponieważ biorcy występują we wszystkich grupach krwi. Najbardziej potrzebna i zarazem najbardziej deficytowa jest krew grupy O RhD ujemny, ponieważ w nagłych wypadkach, może być przetoczona każdemu biorcy, bez ryzyka odrzucenia. Jest ona jednak jedną z najrzadziej występujących grup krwi, posiada ją zaledwie 6% Polaków [7, 8, 13].

Dawcą krwi mogą być osoby w wieku od 18-65 roku życia. Statystycznie, największą grupę dawców krwi stanowią osoby młode, głównie mężczyźni w wieku 25-44 lata. Z analizy dawców na przestrzeni lat wynika, że odsetek dawców w wieku 18-24 niestety systematycznie spada, co ma bezpośredni związek z niżem

demograficznym. Służba krwi w Polsce musi mieć to więc na uwadze i dostosowywać swe działania do bieżącej sytuacji. W Polsce procent liczby kobiet będących dawcami oscyluje w granicach 27,6%, największy udział procentowy przypada na przedział wiekowy 25-44 lata, sukcesywnie wzrasta też udział procentowy kobiet w wieku 45-65 lat, maleje w wieku 18-24 lata. W przypadku mężczyzn sytuacja wygląda podobnie, maleje udział mężczyzn w wieku 18-24 lata, rośnie w grupie wiekowej 25-44 lata oraz 45-65 lat [6, 13].

Podstawową zasadą współczesnego krwiodawstwa jest oddawanie krwi przez osoby w pełni zdrowe, w wieku 18-65 lat, o wadze co najmniej 50 kg. Dodatkowo, krew lub jej składniki mogą oddawać osoby, które w ciągu ostatnich 4 miesięcy nie wykonywały tatuażu, akupunktury, przekłucia ciała, nie miały wykonywanych żadnych zabiegów operacyjnych, endoskopowych i innych badań diagnostycznych oraz nie były leczone krwią i jej składnikami [2].

Czynnikami motywującymi dawców do oddawania krwi jest chęć czynienia dobra, zachęta przez kampanie motywujące do oddawania krwi (w tym przez osoby znane), tradycje rodzinne, odpowiedź na zorganizowane akcje oddawania krwi w pobliżu miejsca zamieszkania, szkoły czy pracy, a także chęć zyskania poszanowania i uznania społecznego. Część dawców oddając krew kieruje się również możliwością wykorzystania przysługujących im dodatkowych uprawnień [9, 11].

Mity i stereotypy dotyczące oddawania krwi stanowią jedną z barier powstrzymujących potencjalnych dawców krwi przed decyzją honorowego oddawania krwi, a ich wykorzenienie stanowi istotne wyzwanie dla publicznej służby krwi. Jednym z kluczowych działań w tym zakresie jest edukacja dotycząca honorowego oddawania krwi jak i zapewnienie odpowiedniego prestiżu dawcom krwi. Krwiodawstwo w Polsce jak i w całej Europie jest honorowe, drobnym dowodem uznania i wdzięczności dla honorowych dawców krwi są wyróżnienia w postaci tytułów i odznaczeń. Liczba nadanych odznak w latach 2010-2022 wykazuje tendencję wzrostową [1, 3].

Zasłużonemu i Honorowemu Dawcy krwi przysługuje:

- Zwolnienie od pracy w dniu, w którym oddał krew oraz w dniu następnym;
- Zwrot kosztów przejazdu do jednostki służby krwi;
- Posiłek regeneracyjny;
- Możliwość odliczenia od podatku dochodowego darowizny;
- Bezpłatne zaopatrzenie w leki objęte wykazem;
- Uprawnienia do korzystania poza kolejnością ze świadczeń opieki zdrowotnej oraz usług farmaceutycznych udzielanych w aptekach.

W zależności od regulacji w aktach prawa miejscowego, dawcom mogą przysługiwać ulgi od opłat w korzystaniu z komunikacji miejskiej.

Honorowy dawca krwi jest jednym z ważniejszych podmiotów w systemie ochrony zdrowia i zapewnia bezpieczeństwo zdrowotne obywateli. Nigdy też nie wiadomo, kiedy ktoś z nas lub naszej rodziny będzie wymagał przetoczenia krwi i jej

składników. W związku z powyższym, kluczowe jest podejmowanie szeroko zakrojonych, interdyscyplinarnych działań mających na celu zapewnienie ciągłości krwi i jej składników do użytku klinicznego.

Na przestrzeni ostatnich 10 lat krwiodawstwo przeszło znaczące zmiany, zarówno w zakresie wiedzy, jak i praktyk oraz oczekiwań dawców krwi. Wzrost świadomości społecznej, rozwój technologii medycznych oraz zmieniające się postawy społeczne wpłynęły na kształtowanie się nowych trendów w tej dziedzinie. Analiza tych zmian pozwala lepiej zrozumieć potrzeby i motywacje współczesnych dawców krwi, co jest kluczowe dla utrzymania stabilnych zasobów krwi oraz zapewnienia skutecznej i bezpiecznej opieki nad dawcami. Przyszłe działania powinny koncentrować się na dalszym podnoszeniu świadomości, ulepszaniu procesów związanych z krwiodawstwem oraz dostosowywaniu strategii promocyjnych do zmieniających się oczekiwań społeczeństwa. Dzięki temu krwiodawstwo będzie mogło nadal pełnić swoją niezastąpioną rolę w ratowaniu życia i ochronie zdrowia publicznego.

Bibliografia

1. Baig, M., Habib, H., H Haji, A., T Alsharief, F., M Noor, A., & G Makki, R. (2013). Knowledge, Misconceptions and Motivations Towards Blood Donation Among University Students in KSA. *Pakistan journal of medical sciences*, 29(6), 1295–1299. <https://doi.org/10.12669/pjms.296.4137>.
2. Blood Donor Counselling: Implementation Guidelines. Geneva: World Health Organization; 2014. Annex 13, Example of frequently asked questions. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK310558/>.
3. Dorle, A., Gajbe, U., Singh, B.R., Noman, O., & Dawande, P. (2023). A Review of Amelioration of Awareness About Blood Donation Through Various Effective and Practical Strategies. *Cureus*, 15(10), e46892. <https://doi.org/10.7759/cureus.46892>.
4. Gammon, R.R., Dubey, R., Gupta, G.K., Hinrichsen, C., Jindal, A., Lamba, D.S., Mangwana, S., Radhakrishnan Nair, A., Nalezinski, S., & Bocquet, C. (2023). Patient Blood Management and Its Role in Supporting Blood Supply. *Journal of blood medicine*, 14, 595–611. <https://doi.org/10.2147/JBM.S387322>.
5. Khan, F., Singh, K., & Friedman, M.T. (2020). Artificial Blood: The History and Current Perspectives of Blood Substitutes. *Discoveries (Craiova, Romania)*, 8(1), e104. <https://doi.org/10.15190/d.2020.1>.
6. Mazurkiewicz de Freitas, E., Targa Pinto, R., Forlin Robert, A., & Malta Purim, K.S. (2024). Sociodemographic Profile of Blood Donations and Ways to Encourage Them. *Cureus*, 16(5), e60688. <https://doi.org/10.7759/cureus.60688>.
7. Mikołowska, A., & Antoniewicz-Papis, J. (2020). Retrospective analysis of selected aspects of public blood transfusion service as a starting point for assessment of the status of transfusion medicine in Poland Part 1: Demographic characteristics of the donor population reporting for blood donation. *Journal of Transfusion Medicine*, 13(1), 67-103. <https://doi.org/10.5603/JTM.2020.0002>.
8. Mikołowska, A., & Antoniewicz-Papis, J. (2021). Retrospective analysis of selected aspects of public blood transfusion service activities as a starting point for assessment of the status of transfusion medicine in Poland. Part 2: Demographic characteristics of the population who donated blood/blood components for clinical use in the period 1997–2017. *Journal of Transfusion Medicine*, 14(3), 93-110. <https://doi.org/10.5603/JTM.2021.0007>.

9. Mohammed, S., & Essel, H.B. (2018). Motivational factors for blood donation, potential barriers, and knowledge about blood donation in first-time and repeat blood donors. *BMC hematology*, 18, 36. <https://doi.org/10.1186/s12878-018-0130-3>.
10. Murphy, M.F., & Palmer, A. (2019). Patient blood management as the standard of care. *Hematology. American Society of Hematology. Education Program*, 2019(1), 583–589. <https://doi.org/10.1182/hematology.2019000063>.
11. Pule, P.I., Rachaba, B., Magafu, M.G., & Habte, D. (2014). Factors associated with intention to donate blood: sociodemographic and past experience variables. *Journal of blood transfusion*, 2014, 571678. <https://doi.org/10.1155/2014/571678>.
12. Rosiek, A., Nieradkiewicz, A., Lachert, E., Antoniewicz-Papis, J., Lasocka, J., Goczyńska, P., Mikołowska, A., & Łętowska M. (2023). Blood transfusion service in Poland in 2022. *Journal of Transfusion Medicine*, 16(4), 167-188. <https://doi.org/10.5603/jtm.99300>.
13. Siekierska, B., Tomaszek, L., Kurlito, P., Turkanik, E., & Mędrzycka-Dąbrowska, W. (2023). Blood donation practice and its associated factors among Polish population: secondary data analysis. *Frontiers in public health*, 11, 1251828. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1251828>.
14. Towards 100% Voluntary Blood Donation: A Global Framework for Action. Geneva: World Health Organization; 2010. 2, Voluntary blood donation: foundation of a safe and sufficient blood supply. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK305666/>.
15. Ugwu, N.I., Uneke, C.J., Ugwu, C.N., Oti, W.J.O., Agbo, U.N., & Akamike, I.C. (2020). Effect of Blood Donor Educational intervention on the knowledge and Attitude towards Voluntary Blood Donation among Medical Students at a Nigerian University. *Nigerian medical journal: journal of the Nigeria Medical Association*, 61(3), 163–168. https://doi.org/10.4103/nmj.NMJ_177_19.

Oleksandr Lukash, Maksym Aravin, Vitalii Morskyi

**IDENTIFYING THE BOUNDARY BETWEEN SUCCESSFUL INTRODUCTION
AND INVASIVENESS OF TREE SPECIES AS A KEY TO HEALTHY
OPTIMISATION OF URBAN GREEN INFRASTRUCTURE AT THE EXPENSE OF
INTRODUCERS**

Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", 53 Hetmana Polubotka St., 14013 Chernihiv, Ukraine

E-mail: lukash2011@ukr.net; vitaliymorskoy.cn@gmail.com; maxwins1995@gmail.com

Keywords: *green infrastructure, introduction, invasive plant species, Polesia, urban area*

Introduction. Green infrastructure is a strategically planned network of natural and semi-natural areas and other environmental features designed and managed to provide a wide range of ecosystem services. It includes green (or blue for aquatic ecosystems) and other physical features in terrestrial (including coastal) and marine areas. On land, green infrastructure is present in both rural and urban areas. Green infrastructure spaces improve the quality of the environment, the condition and connectivity of natural areas, and the health and quality of life of citizens [1]. As well as natural plant species, introduced plants are also used to optimise the planting of green infrastructure. The practicality of introducing a particular plant is determined by its viability in new growing conditions. A manifestation of a plant's viability is primarily its passage through seasonal and ontogenetic development cycles, which can be determined by phenological observations [4]. In the territory of Polesia, the

main factors limiting the widespread use of introduced woody plants to optimise the green infrastructure of urban areas are low air and soil temperatures in the winter months, as well as sharp changes in positive and negative temperatures. Under the conditions of climate change, these factors are compounded by the dryness of the air and soil.

However, when using introduced species to optimise green infrastructure, it is important to identify the boundary between the successful introduction of a particular species and its invasiveness. The impact of invasive plant species on biodiversity is irreversible and enormous, as plant invasions can dramatically alter the functioning of an ecosystem. They also have a negative impact on environmental, economic and public well-being [3].

The aim of the study was to evaluate the success of the introduction of trees recently used to optimise the green infrastructure of the city of Chernihiv (Ukrainian Polesia) and to propose parameters for assessing the potential invasiveness of introduced tree species.

Materials and methods. Representatives of the North American dendroflora (*Catalpa bignonioides* Walter, *Quercus palustris* Münchh., *Robinia viscosa* Michx. ex Vent., *Rhus typhina* L.) were chosen as model objects to determine the introduction success and possible invasiveness of woody plants in Polesia. The success of the introduction of woody plants was evaluated at the stage of introduction into cultivation.

The integral approach of P.A. Moroz and E.A. Vasyuk [4], based on the generalisation of the methods of P.I. Lapin, S.V. Sidneva, M.A. Kohnno and A.M. Kurdyuk for the evaluation of the success of introduction, was used to evaluate the success of the introduction of woody plants. It takes into account seven main indicators: degree of annual maturity of shoots, winter hardiness, preservation of habit, ability to form shoots, regularity of growth, ability to generative development, available methods of plant propagation in the region of introduction.

Results and discussion. According to the indicators of success of introduction (Table, indicators 1–7), all studied trees (*Catalpa bignonioides*, *Quercus palustris*, *Robinia viscosa*, *Rhus typhina*) planted in the green infrastructure of Chernihiv in the last 10 years belong to the category of successful introductions.

Table. Indicators of the success of the introduction and invasiveness of tree species in the Chernihiv city

Indicators	<i>Catalpa bignonioides</i>	<i>Quercus palustris</i>	<i>Robinia viscosa</i>	<i>Rhus typhina</i>
1. Degree of annual maturation of shoots	high	high	high	high
2. Frost resistance; winter hardiness zone (according to [2])	frost resistant (WH 1–6); 6a (from -23.3 °C to -20,6 °C)	frost resistant (WH 1–6); 5a (from -288 °C to -26,1 °C)	frost resistant (WH 1–6); 5a (from -28,8 °C to -26,1 °C)	frost resistant (WH 1–6); 5a (from -28,8 °C to -26,1 °C)

3. Habitus Preservation	high	high	high	high
4. Ability to form shoots	high	high	high	high
5. Regularity of growth	constant	constant	constant	constant
6. Ability to generative development	high	good	high	high
7. Available reproduction methods	seeds (satisfactory), summer cuttings (satisfactory)	seeds (satisfactory)	root sprouts (excellent)	seeds (satisfactory), root shoots (good)
8. Geographical origin (motherland); compatibility of the introduction environment (IE) with the natural habitat	southeast of North America; satisfactory	northeastern North America; good	east and southeast of North America; satisfactory	the east of North America; satisfactory
9. Resistance to pests of the IE	good	satisfactory	high	high
10. Phenotypic plasticity in the IE	low	low	good	satisfactory
11. Growth intensity in the IE	satisfactory	satisfactory	high	high
12. Edificatory capacity in the IE	low	low	satisfactory	satisfactory
13. Pickiness to soil conditions	satisfactory (prefers well-drained soils)	high (grows on moist soil)	low (grows on any soil)	satisfactory (prefers well-drained soils)
14. Ability to naturalize	low	low	satisfactory	satisfactory
15. Drought resistance	moderately drought-tolerant	not drought resistant	drought-tolerant	drought-tolerant
16. Wind resistance	low	good	satisfactory	good
17. Resistance to soil compaction	good	low	good	low

Do introduced trees pose a threat of invasions? As is known, invasive plant species owe success in colonizing new ecosystems as they can tolerate a wide range of environmental conditions, grow and reproduce rapidly and gain reproductive advantage, compete aggressively for resources, and lack natural enemies or pests in the new ecosystem.

An invasive species must be able to successfully survive and replace native plant species to be successful in a new area. Primarily, invasive alien species should have a reproductive advantage and produce sufficient numbers of fertile offspring to initiate the next generation (effective population size). The species should have the ability to spread successfully in the new habitat. If the new species can attack the existing ecological balance, this would be a sign of invasiveness. Once invasive alien species are established in an area, they have the ability to continue to invade new habitats, and these species have certain characteristics that can distinguish them from native species [3]. Each species is genetically adapted to thrive in a particular set of environmental conditions. The genetic make-up determines its ability to grow, resist pests or predators, resist disease and reproduce. Invasive species have a broad genetic pool that enhances their invasive potential (Fig.). This allows them to thrive in the area where they are introduced and to outcompete slower growing native species.

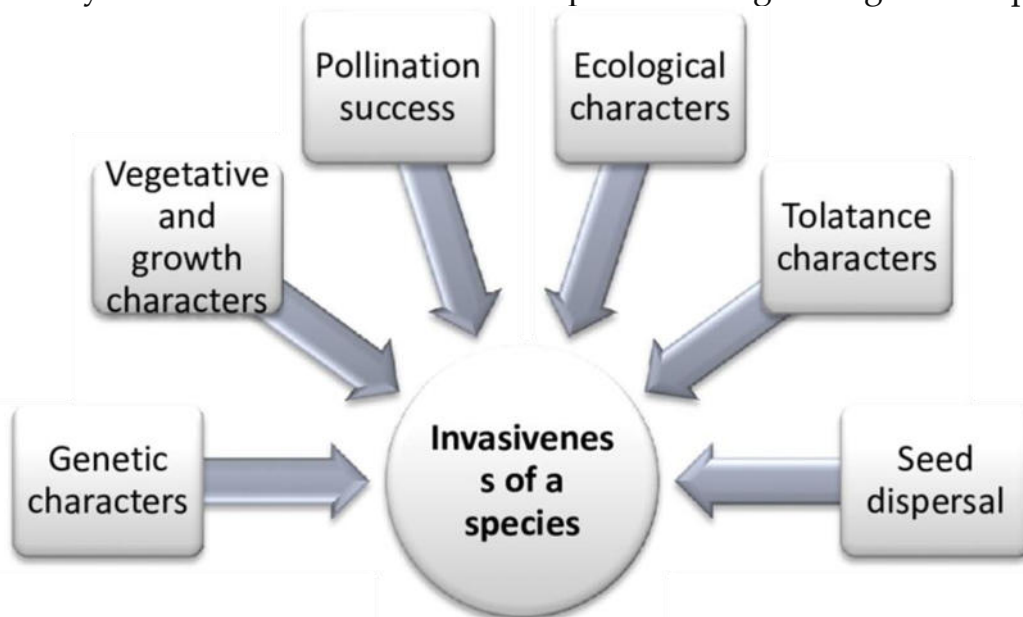


Fig. Invasiveness is the result of a combination of several characteristics [3]

Invasiveness cannot be predicted from a limited number of criteria, but is the result of a combination of characteristics. Invasive species have a particular ecological profile rather than a biological profile. The characteristics of a species determine its success or failure in the transition between different stages of the invasion process [3].

To assess the potential invasiveness of introduced species, we used 10 indicators (Table, indicators 8-17), which allowed the authors to distinguish three categories of introduced species in the conditions of Polesia: 1) potentially invasive (*Robinia viscosa*; it has high resistance to pests of the introduction environment, good phenotypic

plasticity in the introduction environment, high growth intensity in the introduction environment, satisfactory edification capacity in the introduction environment, satisfactory ability to naturalise, low demand on soil conditions, high drought resistance, satisfactory wind resistance and good resistance to soil compaction), 2) conditionally invasive (*Rhus typhina*; it has high resistance to pests of the introduction environment, satisfactory phenotypic plasticity in the introduction environment, high growth intensity in the introduction environment, satisfactory edibility in the introduction environment, satisfactory ability to naturalise, satisfactory demand for soil conditions, high drought resistance, good resistance to wind and low resistance to soil compaction), and 3) invasive safe (*Catalpa bignonioides*, *Quercus palustris*; They differ from the members of the first two categories mainly by satisfactory growth intensity in the introduction environment, low edification capacity in the introduction environment and ability to naturalise).

Conclusions. A number of indicators of success of introduction, in particular frost resistance, regularity of growth, ability to generative development and various methods of reproduction, are at the same time indicators of the degree of invasiveness of the species. Furthermore, in the process of optimising the urban green infrastructure, the potential invasiveness of tree species should be taken into account, which can be predicted by a combination of a number of parameters, first of all the intensity of growth in the introduction environment, the ability to reproduce in the introduction environment, the ability to naturalise, as well as the resistance to the action of extreme environmental factors.

References

1. Document 52013DC0249 (n.d.). An official website of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52013DC0249>.
2. Plantmaps.com (n.d.). Ukraine Plant Hardiness Zone Map. <https://www.plantmaps.com/interactive-ukraine-plant-hardiness-zone-map-celsius.php>.
3. Ratnayake, R. M. C. S. (2014). Why plant species become invasive? Characters related to successful biological invasion. [Conference paper]. In: Proceedings of the National Symposium on Invasive Alien Species (IAS 2014), Vol. 1, Colombo, Sri Lanka. <https://www.researchgate.net/publication/273452847>.
4. Мороз, П.А. & Васюк, Є.А. (2001). Методичні аспекти вивчення інтродукованих деревних рослин. Повідомлення 1. Фенологічні спостереження, оцінка стійкості, цвітіння, плодоношення, насінневої продуктивності та успішності інтродукції. *Інтродукція рослин*, 1–2, 125–131.

1. INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR PLANT HEALTH 1. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗДОРОВ'Я РОСЛИН

Володимир Антоненко^{1,2}, Роман Михайленко², Світлана Кириєнко¹ СИНТЕЗ ТІАЗОЛІОЦТОВИХ КИСЛОТ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ЇХ ФІТОГОРМОНАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ ПРИ ЖИВЦЮВАННІ ОКРЕМИХ ВИДІВ PINOPHYTA

¹Національний університет «Чернігівський колегіум» ім. Т.Г.Шевченка, 14013
Чернігів, Україна;

²ТОВ «НВП Укроргсинтез», 02094 Київ, Україна

E-mail: v.antonenko@enamaine.net; r.mykhailenko@enamaine.net; vettavl@ukr.net

Ключові слова: фітогормони, ауксини, тіазоліоцтові кислоти, живцювання, Pinophyta

Вступ. Ауксини – група фітогормонів, які регулюють ріст, розвиток та розмноження рослин. Дослідження дії ауксинів, як регуляторів росту та речовин з гербіцидною активністю, та пошук їх аналогів серед новосинтезованих сполук залишаються актуальними і важливими як у фундаментальній фізіології рослин, так і в сільському господарстві та лісівництві [6, 7]. Одним з основних напрямків застосування ауксинів є використання їх як укорінювачів при вегетативному розмноженні рослин.

Живцювання рослин *in vitro* шляхом штучної індукції додаткового вкорінення пагонів є зручним методом розмноження для унікальних генотипів, який широко використовується у лісовому господарстві, садівництві та селекції рослин. У лісових розсадниках розмноження дерев *in vitro* є цінною технікою для значного скорочення тривалого часу генерації, уникнення проблем із проростанням і збереження генотипів, відібраних за їхніми високими показниками продуктивності [6].

Стеблові живці використовують від рослини-донора і обробляють ауксином, оскільки поєднання пошкоджень та обробка ауксином сприяє утворенню додаткових коренів [7]. Здатність до утворення цих коренів варіюється у різних генотипах і видах рослин, деякі з них класифікуються як такі, які важко вкорінюються, деякі володіють високою здатністю до укорінення. Особливо актуальним такий спосіб розмноження є для господарсько цінних та декоративних порід дерев чи представників рідкісних або реліктових видів, якими у флорі України є деякі види *Pinophyta* [4].

Матеріали та методи. Проведено дослідження ауксинів та ауксиноподібних речовин.

Тіазоліоцтові кислоти, а саме: 2-(6-бромо-1,3-бензотіазол-2-іл)оцтова кислота (1), 2-[2-(3,3,3-трифлуоропропіл)-1,3тіазол-4-іл]оцтова кислота (2), 2-[2-(N-трет-бутоксикарбоніл)-3-амінопропіл-1,3тіазол-4-іл]оцтова кислота(3), 2-[2-[1-(2-трет-бутоксикарбоніл)піперидин-4-іл)-1,3-тіазол-4-іл]оцтова кислота (4) були

синтезовані на базі відокремленого підрозділу ТОВ «НВП Укрорганосинтез» у м. Чернігів (рис. 1). Зразки даних кислот було нанесено зі спиртових розчинів кислот на нейтральний силікагель 60 для хроматографії у вигляді 1%-ної суміші.

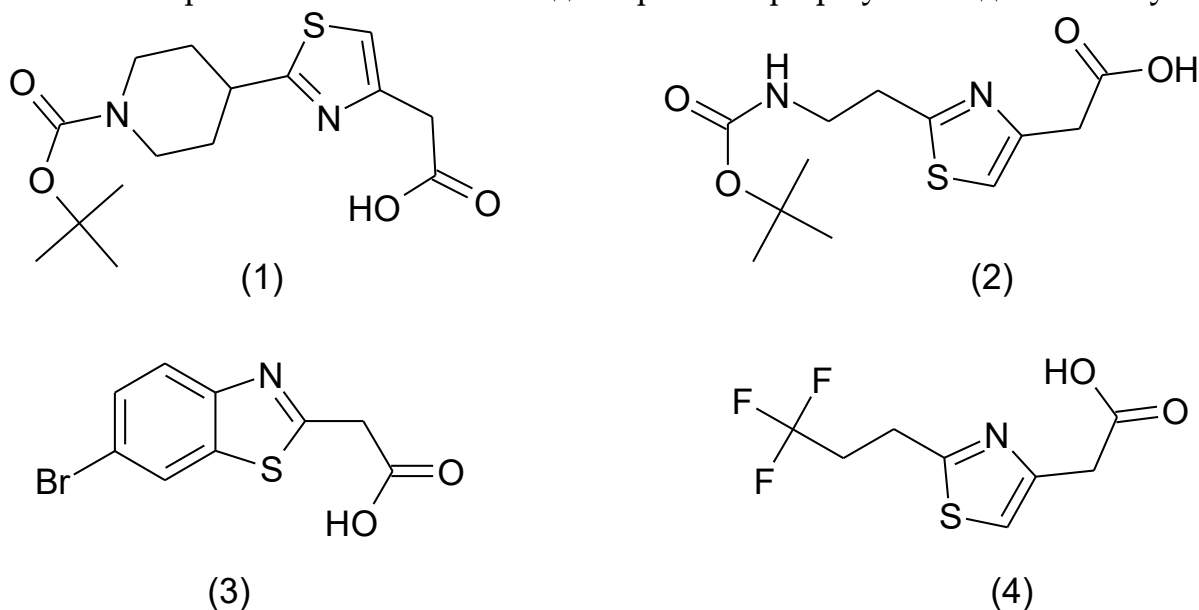


Рис. 1. Тіазоліоцтові кислоти

Синтез тіазоліоцтових кислот проведено наступним чином:

2-(6-Бромо-1,3-бензотіазол-2-іл)оцтова (1) кислота отримана з відповідного 5-бромо-2-амінотіофенолу взаємодією його з малондинітрилом та оцтовою кислотою в етиловому спирті [7] з наступним омиленням одержаного 2-бензотіазоліацетонітрилу водним розчином лугу.

2-[2-(3,3,3-Трифлуоропропіл)-1,3тіазол-5-іл]оцтова кислота (2) отримана з 4,4,4-трифлуорбутиронітрилу. Даний нітрил було переведено у відповідний тіоамід взаємодією з сірководнем в спиртовому розчині за присутності триетиламіну [2]. Одержаний тіоамід вступає в конденсацію з етил-4-хлорацетоацетатом з утворенням етилового естеру відповідної тіазоліоцтової кислоти [2], яку було омилено до необхідної сполуки (2). Подібним чином з відповідних нітрилів було отримано тіазоліоцтові кислоти (3) та (4).

Для з'ясування фітогормональної активності отриманих кислот закладено дослід з використанням живців дикої форми *Taxus baccata* L. та *Juniperus excelsa* M.Vieb. Живцювання та посадку проводили за адаптованою методикою вирощування живців у касетах на піщано-торфовому субстраті [4]. Для порівняння фітогормональної активності у контролі, як аналог ауксину, використано комерційно доступний препарат Rhizopon® АА 1% порошок та висаджування живців без обробки стимуляторами. Rhizopon® містить три різних активних речовини: 3-індолмасляну кислоту, 1-нафтілоцтову кислоту, 3-індолацтову кислоту. 3-Індолмасляна кислота, як основний компонент Ризопону, стимулює утворення потужної кореневої системи. Інші фітогормони мають допоміжний характер для посилення ефекту коренеутворення.

Результати та обговорення. Синтетичні ауксини є широким класом сполук, які не обмежуються представниками органічних кислот, що містять ядро індолу. Їхня гормональна активність у першу чергу обумовлена наявністю карбоксильної групи, а також планарної структури, яким може бути ароматичне чи гетероциклічне ядро. Також важливим є відстань від планарної структури та карбоксильної групи. Якщо молекула відрізняється від цих параметрів, але тим не менш викликає фізіологічну реакцію у рослинах, вона фактично модифікується, щоб відповідати цим параметрам і, таким чином, стає активною [1].

Іншим важливим критерієм у пошуку сполук з ауксиноподібною дією є хемінформатичний аналіз сполук, який засновано на відповідності певних класів біологічно активних сполук правилу Ліпінскі (Lipinski's rule) [3]. Важливим є також критерії ліпофільності сполук, якими є коефіцієнт розподілу $\log P$ та $\log D$ [5].

Для дослідження фітогормональної активності було синтезовано сполуки ряду бензотіазолоцтових кислот. Обрані для дослідження сполуки відповідають хемінформатичним критеріям, а також містять карбоксильну групу та планарну гетероциклічну структуру. Так, сполука (3) є дуже близькою за будовою до індолілоцтової кислоти. Крім того, таке похідне бензотіазолу, як 2-(4-хлор-2-оксо-1,3-бензотіазол-3-іл)оцтова кислота вже використовується як гербіцид з ауксиноподібною дією під назвою Беназолін [5].

Сполуки (1) і (2) обрано для порівняння впливу амінальського радикала на гіпотетичну ауксиноподібну активність. Передбачається, що в процесі метаболізму цих сполук, вони втрачатимуть N-захисні групи в аміноальському радикалі, що сприятиме їхній гідрофільності [6]. Тому вони, ймовірно, будуть краще переходити в транспортну форму і мігрувати до клітин-мішеней. Сполука (4) є своєрідним антиподом вищевказаних двох сполук, адже містить трифлуорпропільний радикал, а наявність атомів Флуору в алкільних замісниках значно підвищує ліпофільність сполук [5]. Тому передбачається, що дана сполука буде виявляти високу ліпофільність та краще проникатиме через біологічні мембрани.

Вибір об'єктів для живцювання ґрунтується на тому, що для багатьох видів голонасінних вегетативне розмноження є нетиповим. Тому використання природних фітогормонів або ж їх синтетичних аналогів стає доцільним для пришвидшення їх укорінення, збільшення приживлюваності живців та збережуваності саджанців. Саме метод живцювання є найбільш економічно доцільним і продуктивним при розведенні цінного для практики садово-паркового господарства *Taxus baccata* [4]. Вирощування саджанців тису з насіння вирізняється низькою ефективністю, адже воно має низьку схожість, потребує особливих умов для проростання, має тривалий розвиток проростка у поєднанні з його слабкістю. Мікроклональне ж розмноження дає хороші

результати при формуванні проростків, але воно потребує спеціальних умов, а проростки мають низьку приживаність в умовах відкритого ґрунту[4].

Використання комерційних фітогормональних препаратів у випадку цього виду також не дає високих результатів (близько 60 %) [4], тому важливим є пошук нових аналогів фітогормонів, які б зменшили втрати при застосуванні методу на практиці. Використання як модельного виду *Juniperus excelsa*, для якого якраз вегетативне розмноження є основним методом, ґрунтується на тому, що даний вид досить швидко здатен показати ефективність використання відповідних сполук при живцюванні, адже коренеутворення живців ялівцю відбувається набагато швидше, ніж у тиса.

Висновки. З метою пошуку нових аналогів ауксину синтезовано сполуки ряду тіазолілоцтових кислот, які можуть стати перспективними укорінювачами та стимуляторами росту для видів з низьким потенціалом приживлюваності. Дані сполуки використано для дослідження їх впливу на укорінення живців, цінних для лісового та садово-паркового господарства, реліктових видів – *Taxus baccata* та *Juniperus excelsa*. Аналіз результативності і показників статистичної достовірності потребує подальшого поглибленого опрацювання і є предметом наших наступних досліджень.

Бібліографія

1. Grossmann K. (2010). Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. *Pest management science*, 66(2), 113–120. <https://doi.org/10.1002/ps.1860>.
2. Lemieux et al. (2014). Compounds and their methods of use. US Pat. No. US 20140142081A1, Filed: Nov. 21, 2013; Pub. Date: May 22, 2014.
3. Lipinski, C.A., Lombardo, F., Dominy, B.W., & Feeney, P.J. (2001). Experimental and computational approaches to estimate solubility and permeability in drug discovery and development settings. *Advanced drug delivery reviews*, 46(1-3), 3–26. [https://doi.org/10.1016/s0169-409x\(00\)00129-0](https://doi.org/10.1016/s0169-409x(00)00129-0).
4. Lisoviy, M., Guz, M., & Hnatiuk, O. (2016). Особливості насінного та вегетативного розмноження тиса ягідного. *Науковий вісник НЛТУ України*, 26(4), 99-110. <https://doi.org/10.15421/40260416>.
5. Quareshy, M., Prusinska, J., Li, J., & Napier, R. (2018). A cheminformatics review of auxins as herbicides. *Journal of experimental botany*, 69(2), 265–275. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx258>.
6. Raggi, S., Doyle, S.M. and Robert, S. (2020). Auxin. At the crossroads between chemistry and biology. In: D. Geelen and L. Xu (Eds), *The Chemical Biology of Plant Biostimulants*. John Wiley & Sons Ltd., pp. 124-153. <https://doi.org/10.1002/9781119357254.ch5>.
7. De Rybel, B., Audenaert, D., Beeckman, T., & Kepinski, S. (2009). The past, present, and future of chemical biology in auxin research. *ACS chemical biology*, 4(12), 987–998. <https://doi.org/10.1021/cb9001624>.
8. Ulrich, H. (2002). Benzothiazoles and related compounds. In: E. Schaumann (Ed.), *Science of Synthesis*, Vol. 11, Thieme Chemistry, pp. 835-913. <https://doi.org/10.1055/sos-SD-011-01009>.

Ольга Грабовецька, Володимир Балабан, Валерій Свиридовський
МАЛОПОШИРЕНІ ПЛОДОВІ КУЛЬТУРИ – ЇХ ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ТА
КОРИСТНІСТЬ

*Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України,
смт Хлібодарське, Одеський район, Одеська область, 67667 Україна*

E-mail: olgagrabovetskay@ukr.net; vladimir220481@gmail.com;

novokahovskoe.2015@gmail.com

Ключові слова: *нішеві культури, малопоширені плоди, горіхоплідні, перспективність*

Вступ. У сучасних умовах одним з важливих напрямків підвищення ефективності агровиробництва на півдні України є вирощування нішевих культур. Насамперед, важливе значення мають культури стійкі до стресових умов (підвищена температура, знижена відносна вологість повітря), які відзначаються високою продуктивністю та підвищеними якісними характеристиками сировини [7, 8].

Особливо актуальним є питання введення в культуру та освоєння нових видів рослин, і зокрема плодових і горіхоплідних що пов'язано з глобальною зміною клімату в останні десятиріччя. Суть проведених досліджень полягає в тому, що інтродукційна та селекційна популяція, яка формується за принципом генетичного синтезу, в цілому відображає амплітуду генетичної мінливості, забезпечуючи стійкість і адаптивність в нових умовах вирощування.

Для Південного Степу України такими культурами можуть стати малопоширені плоди, а саме: хурма, азиміна, унабі та мигдаль, які є економічно вигідними завдяки особливостей їх біохімічного складу і продовольчих якостей. Досвід вирощування малопоширених плодових та горіхоплідних культур, за межами Південного берегу Криму, свідчить про те, що погодно-кліматичні умови Південного степу України цілком відповідають їх біологічним особливостям і вони, за належних агротехнічних прийомів, придатні для культивування на присадибних ділянках, дачах, аматорських та фермерських садах, в промислових насадженнях поки що ці культури не використовуються.

Для існуючих видів малопоширених плодових, які ростуть в Україні, характерними є висока врожайність та висока споживча цінність плодів. Високі харчові і лікарські властивості плодів згаданих видів зумовлені наявністю в плодах пектинових речовин, легко засвоюваних глюкози і фруктози, вітамінів, мінеральних солей тощо [2, 3].

Одним із фактів, що служить на користь мигдалю є те, що в умовах змін клімату, які останнім часом набувають все більшого значення, створення промислових інтенсивних мигдальних садів, звичних до сухого, жаркого і безводного літа є одним із дієвих способів диверсифікації сільського господарства [1].

Оптимізація структури харчування населення України передбачає збільшення виробництва харчової продукції за поліпшеними та новітніми технологіями.

Матеріали і методи. Матеріалом наших досліджень є сортове різноманіття *Asimina triloba* (L.) Dunal, види *Diospyros* L., *Ziziphus jujuba* Mill та *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН. Дослідження проводились згідно загальноприйнятих методик. Були застосовані польові та лабораторні методи досліджень.

Результати і обговорення. Рід *Asimina* L. є представником маловідомої в Україні родини *Annonaceae*. Є яскравим та єдиним представником цього роду, який розповсюджується далі на північ і доходить до 43° північної широти. Це єдиний найбільш холодостійкий вид роду. Ця плодова культура становить неабиякий практичний інтерес для садівництва. Її можна вирощувати майже по всій території України.

Азиміна має ароматні, соковиті і солодкі плоди, з вмістом аскорбінової кислоти до 50 мг%, вуглеводів – від 16 до 25%, сухих речовин – до 29%, що перевищує показники багатьох плодових культур. Водночас вони дуже низькокислотні (від 0,16 до 0,5% при відносно великій кількості пектинових речовин – 0,16-0,2%). За вмістом калію (314-368 мг/100 г) азиміна подібна до абрикосу, тоді як магнію, заліза, міді, цинку, марганцю та фосфору в її плодах більше, ніж в яблуках, бананах і цитрусових. Більше містять вони і білка, з рівнем незамінних амінокислот від 29,3 до 47,2%. Споживають плоди у свіжому вигляді, коли вони набувають м'якої кремоподібної консистенції, а також використовують для виготовлення варення, джему, мармеладу, йогурту, цукатів, морозива тощо. Цінними властивостями відзначаються не тільки плоди, але й інші частини дерева, зокрема листя, в якому виявлено, %: гідроксикоричних кислот – 5-7, флаваноїдів – 6-8 і летких сполук переважно терпеноїдної природи – 0,1-0,3 [3, 5].

На території України розглядаються 3 листопадних види *Diospyros* L. (*D. lotus* L., *D. virginiana* L., *D. kaki* Thunb.) і гібриди хурми віргінської і східної, які дають їстівні плоди і достатньо широко використовуються в південному та субтропічному садівництві.

У харчуванні людини, збереженні та зміцненні її здоров'я важливу роль відіграють плоди ягідних рослин, які мають високі смакові властивості, а також є цінним джерелом вітамінів та інших біологічно активних речовин. Саме до таких культур належить хурма. Смачні і поживні плоди хурми багаті вітамінами і поліфенольними речовинами, каратиноїдами, а також органічними сполуками калію, заліза, кальцію. Відмітна і дуже корисна якість плодів хурми – високий вміст йоду [4].

Плоди хурми – відмінний дієтичний продукт, який вживається у свіжому вигляді, а також використовуються для різних видів технологічної переробки.

Плоди хурми є чудовим дієтичним продуктом, їх вживають свіжими і сушеними, готують варення, повидло, джеми, цукати, пастилу, що мають дієтичні й лікувальні властивості. У народній медицині Китаю та Японії сік вважається активним протицинговим засобом. Вони багаті вітамінами і поліфенольними речовинами, каротиноїдами, органічними сполуками калію, заліза, кальцію. Відмітна і дуже корисна якість плодів хурми – високий вміст йоду. При їх вживанні у людини поліпшується апетит, підвищується працездатність, дещо знижується артеріальний тиск. Поєднання різних біологічно активних речовин дає змогу рекомендувати плоди хурми в медичній практиці при багатьох захворюваннях.

Хурму використовують для лікування склерозу, шлунково-кишкового тракту, при гіпертонії і малокрів'ї; вона особливо корисна дітям як джерело йоду, який стимулює розумовий розвиток. Магній, що міститься в хурмі, знижує ймовірність утворення каменів у нирках, а вітамін А захищає від раку. Вітаміни С і Р зменшують крихкість судин.

Харчова цінність плодів хурми визначається високим вмістом цукрів, переважно глюкози та фруктози (12-25 %), вітамінів С – 10-20, В₁ – 0,03-0,05, В₂ – 0,02-0,05, В₅ – 0,05-0,3 мг/100 г, бета-каротину – 0,6-1,6 мг/100 г. Важлива особливість плодів – дуже низька кислотність (до 0,2%). Мінеральний склад (мг/100г): калію – 174,0-176,0, кальцію – 6,0-10,0, заліза – 0,3-3,0, натрію – 2,0-6,0, фосфору – 10,0-26,0, йоду – до 50,0 [2].

Унабі (*Zizyphus jujuba* Mill.) належить до роду унабі (*Zizyphus* Mill.) родини крушинових (*Rhamnaceae* R.Br.). В культурі використовується тільки один з п'ятдесяти видів роду *Zizyphus* Mill. родини (*Rhamnaceae* R.Br.) – ююба.

Головну цінність унабі представляють плоди, які мають велике поживне, дієтичне і лікарське значення. Смак плоду буває кислий, кисло-солодкий, солодко-кислий та солодкий. Плоди зізіфусу багаті мікро- і макроелементами. Цінні речовини містять не тільки плоди зізіфусу, але і інші частини рослини. Зізіфус входить в п'ятірку кращих лікарських рослин світу. Плід – кістянка різної форми, частіше яйцеподібної або злегка грушоподібної, довжиною 2-6 см, діаметром 1-3 см. Містять 15-25% цукрів, до 5% органічних кислот, 1,5-3% білків, до 2% крохмалю, 3-4,5% жирів, до 1,1% пектинів, до 900 мг вітаміну С, 250-1250 мг Р-активних речовин, макро- та мікроелементи [6].

Унабі чудово оздоровлює повітря, як і хвойні рослини, виділяє фітонциди, правда, тільки в теплий період року.

Південь України – найбільш сприятливий регіон для вирощування культури **мигдаль**. Мигдаль – одна із найстарших, найкорисніших та найпопулярніших горіхоплідних культур у світі. Нині він є цінною горіхоплідною культурою, яка вирощується у багатьох країнах світу, зокрема у США, Італії, Франції, Іспанії, Туреччині, Китаї. Однак особливі вимоги мигдалю до екологічних факторів обмежили промислове його виробництво

специфічними районами земної кулі, в нас він малопоширений – його вирощують лише на Півдні України.

Це цінна продовольча культура з різнобічним використанням. Ядра горіхів можна споживати свіжими і підсмаженими, використовувати для виготовлення високосортних кондитерських виробів (шоколаду, різного печива, морозива). Використовують ядра мигдалю і на виготовлення олії, мигдальної води, молока і пудри для парфумерної промисловості; олію – для приготування численних ліків, мазей, а із шкарлупи горіхів виготовляють активоване вугілля, застосовуване в медицині і скраби для догляду за шкірою [1].

Цінність горіхів мигдалю зумовлюється високими смаковими якостями та біохімічним складом ядра. Олія мигдалю в основному складається із ненасичених жирних кислот (олеїнової – 67%, лінолевої – 24%) і не гіркне при зберіганні. В оплодні горіхів міститься до 25% цукрів і його можна використовувати для годування худоби. Крім високих смакових якостей, мигдаль цінують за його цінні та корисні властивості, які зумовлені його складом: це вітаміни А, С, Е, групи В, антиоксиданти, мінеральні елементи (за вмістом кальцію перевершує всі інші види горіхів), мононенасичені жири, ліолева кислота, жирні омега-6 кислоти, білки, клітковина. Білок мигдалю має підвищену поживну цінність і рекомендований вегетаріанцям для поповнення в організмі запасів білка. 100 г мигдалю вміщує добову норму марганцю, 80% норми вітаміну В₂ і половину норми заліза. Солодкий мигдаль позитивно впливає на організм людини: зміцнює імунну систему; розчиняє холестеринові бляшки і запобігає розвитку атеросклерозу; нормалізує та регулює рівень кислотності шлунку; знижує концентрацію цукру в крові; виводить з організму токсичні речовини; очищає кров, підвищує рівень гемоглобіну; заспокоює нервову систему; запобігає ранньому старінню організму. Завдяки низькому глікемічному індексу його можна споживати хворим на цукровий діабет.

Висновки. Введення в культуру малопоширених плодових і їх практичне використання потребують створення кращих сортів, придатних для певних ґрунтово-кліматичних умов, таких, що відповідають сучасним вимогам. Впровадження нових видів рослин у поєднанні з інтегрованою системою агротехніки дасть можливість звести до мінімуму використання пестицидів і одержувати екологічно чисту продукцію.

Бібліографія

1. Балабан, В.М., Грабовецька, О.А., Петренко, С.О., Валентюк, Н.О. (2023). Мигдаль звичайний – малопоширена та цінна плодова культура в Південному степу України. Збір. Матер. Міжнар. наук.-практ. он-ліне конф. молодих вчених, присвяч. до дня науки в Україні «Формування інноваційних агротехнологій в умовах змін клімату для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу України» (м. Одеса, 19 травня 2023 року). ОЛДІ плюс, 2023. – С. 145-148.
2. Грабовецька, О.А., Свиридовський, В.М. (2023). Хурма віргінська в умовах Херсонської області (біологія, вирощування, розмноження): методичні рекомендації. Одеса: Олді+, 2023. 36 с.

3. Грабовецька О.А. (2015). Вирощування *Asimina triloba* (L.) Dunal в умовах Південного степу України. *Методичні рекомендації*. Кіровоград: Кіровоградська ДСГДС НААН, 2015. 32 с.
4. Грабовецька О.А. (2020). Перспективи культури хурми (*Diospyros* L.) в умовах Півдня України. *Генетичні ресурси рослин*, 27, 44-54. <https://doi.org/10.36814/pgr.2020.27.04>.
5. Грабовецька, О.А., & Єжов, В.М. Біоекологічні особливості азиміни трилопатевої (*Asimina triloba* (L.) Dunal) у Степу України. *Садівництво*, 69, 35-43.
6. Карнатовська, М.Ю., & Єжов, В.М. (2015). Результати адаптації деяких сортів *Zizyphus jujuba* Mill. до умов Південного степу України. *Садівництво*, 69, 66-73.
7. Клименко, С.В., Григор'єва, О.В., Грабовецька, О.А., & Колісник, Л.М. (2012). Збереження та поповнення колекцій, формування генофондів видів родів *Asimina* Adans, *Diospyros* L., *Sambucus* L. *Збереження та збагачення рослинних ресурсів шляхом інтродукції, селекції та біотехнології*: монографія. відп. ред. Т.М. Черевченко. К.: Фітосоціоцентр, 2012. – С. 234-293.
8. Клименко С.В. (2008). Інтродукція і селекція нетрадиційних плодових рослин в Україні: історія, реалії, перспективи. *Інтродукція рослин*, (2), 45-54.

Олександр Грицук¹, Ніна Мулюкіна²

G-КВАДРУПЛЕКСИ ТА ЇХ РОЛЬ В РОСТІ, РОЗВИТКУ І СТІЙКОСТІ РОСЛИН

¹Одеський національний університет імені І.І. Мечнікова, МОН України, Одеса, Україна;

²Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства ім. В.Є. Таїрова», Національна Академія Аграрних наук України, смт Таїрове, Одеська область, Україна

E-mail: tairmna2005@ukr.net

Ключові слова: G-квадруплекси, регуляція, абіотичні фактори, вірусні хвороби рослин

Вступ. G-квадруплекси (G4) – це вторинні структури ДНК і РНК вищого порядку, утворені багатими на G послідовностями, побудованими навколо тетрад гуанінових основ, пов'язаних водневими зв'язками. G4 беруть участь у ремоделюванні хроматину, регуляції генів і асоціюються з геномною нестабільністю, генетичними захворюваннями та прогресуванням раку. Природна роль і біологічне значення структур G4 починають досліджуватися, і це становить особливий інтерес для терапевтичних втручань при хворобах людини. Однак існування та фізіологічна роль G4 ДНК і G4 РНК у видах рослин ще недостатньо вивчені, хоча вже очевидно, що вони представляють великий інтерес для створення сортів сільськогосподарських культур із підвищеною стійкістю до біотичних та абіотичних факторів для сталого сільського господарства [1]. Нещодавні дослідження свідчать про те, що ці дуже різноманітні структури G4 у рослинах можуть бути використані для регулювання експресії генів, залучених до кількох патологічних станів, включаючи відповідь на біотичні та абіотичні стреси, а також пошкодження ДНК [1].

Мета досліджень. Проаналізувати напрямки використання G-квадруплексів (G4) в рослинництві та визначити серед них перспективні для культури винограду.

Матеріал та методи. Візуальний санітарний контроль, імуноферментний аналіз, оцінка адаптивності сортів винограду до стресових факторів довкілля.

Результати та обговорення. Стійкість до абіотичних факторів. Серед напрямків застосування G-квадруплексів у рослинництві можна виділити оцінку на стійкість до холоду та посухи. Для оцінки можливості застосування G-квадруплексів в селекції на холодостійкість було проаналізовано нуклеотидний склад транскриптомів у 1000 рослин у різних місцях існування. Виявлено, що рослини, які ростуть у холодному кліматі, мають транскриптоми, збагачені гуаніном (G), що схильні до утворення структур G-квадруплексу РНК [2]. Як імунофлуоресцентне виявлення, так і профілювання структури *in vivo* показують, що утворення G-квадруплексу РНК у рослинах глобально посилюється у відповідь на холод. G-квадруплекси РНК, що реагують на холод, значно підвищують стабільність мРНК та не впливають на трансляцію. Порушення індивідуального G-квадруплексу РНК сприяє розпаду мРНК на холоді, що призводить до погіршення реакції рослин на холод. Зроблено припущення, що G-квадруплекси РНК є молекулярним механізмом адаптації до холоду, який виник під час еволюції [2]. Стосовно стійкості рослин до посухи було проаналізовано послідовності нуклеїнових кислот, здатні утворювати чотириланцюгові G-квадруплексні структури. Ці структури інтенсивно вивчаються в основному в контексті захворювань людини, патогенів або екстремофільних організмів; незважаючи на це, знання про їх появу та передбачувану роль у рослинах все ще обмежені. Зазначена робота, зокрема, була зосереджена на ділянках (сайтах) формування G-квадруплексу у комплексі генів, що реагують на стрес, викликаний посухою [3].

Стійкість до біотичних факторів. G-квадруплекси поширені в геномній РНК і ДНК вірусів рослин і беруть участь у кількох регуляторних процесах [4]. Було виявлено, що послідовність, що утворює G-квадруплекс (G4) у геномі вірусу тютюнової мозаїки (TMV), перешкоджає реплікації РНК *in vitro* та впливає на проліферацію TMV в тютюні. Речовина N-метилмезопорфірин IX, стабілізуючи структуру G4, продемонструвала пригнічення проліферації вірусу, яке можна порівняти з аналогічним ефектом, викликаним відомою антивірусною речовиною, яка часто застосовується в отриманні вільного від вірусів садивного матеріалу багаторічних культур – рибавірином. Це вказує на те, що G4 може працювати як антивірусна мішень [5].

В іншому дослідженні було представлено результати комплексного аналізу присутності та локалізації передбачуваних G-квадруплекс-утворюючих послідовностей (PQS) у всіх вірусних геномах, доступних наразі в базі даних NCBI (включаючи субвірусні агенти). Алгоритм G4Hunter був застосований до пулу з 11 000 доступних вірусних геномів, що становить 350 Мбіт. Важливо, що

наявність і локалізація PQS пов'язані з життєвими циклами вірусу і відповідають типу вірусної інфекції, а не типу нуклеїнової кислоти. Унікальна локалізація PQS визначає важливість регуляції вірусної реплікації та життєвого циклу на основі G-квадруплексу, надаючи інструмент для потенційного терапевтичного використання [6].

Послідовності нуклеїнових кислот, здатні утворювати чотириланцюгові G-квадруплексні структури, інтенсивно вивчаються в основному в контексті захворювань людини, патогенів або екстремофільних організмів; незважаючи на це, знання про їх появу та передбачувану роль у рослинах все ще обмежені. Дослідження китайських вчених було зосереджено на сайтах формування G-квадруплексу в комплексі генів, які пов'язані з біосинтезом фенольних сполук у модельному рослинному організмі *Arabidopsis thaliana*. Результати показали, що найвища частота G-квадруплекс-утворюючих сайтів виявлена в 5'-UTR областях генів біосинтезу фенольних сполук, що свідчить про можливість їх регуляції на рівні мРНК [3].

Показано також причетність ДНК G4 до модуляції транскрипції генів у рису (*Oryza sativa* L.). Це дослідження надає цінну інформацію для функціональної характеристики або біоінженерії деяких ключових G4 ДНК у рису (*Oryza sativa* L.), отже, відкриває перспективи для селекції цієї культури [7].

G-квадруплекси та перспективи регуляції стійкості стосовно винограду. Серед напрямків селекції винограду стійкість до абіотичних факторів є постійною метою у будь-яких селекційних програмах. Таким чином, роботи, спрямовані на визначення ролі G-квадруплексів у модуляції стійкості до холоду та посухи є потенційно важливими для подальшого їх застосування в селекції.

Набагато більша кількість досліджень присвячена з'ясуванню ролі G-квадруплексів у стійкості рослин до вірусів та/або пошуку антивірусних препаратів. Якщо перший напрямок потенційно може бути застосований в селекції рослин, стійких до фітовірусів, другий може бути спрямований на отримання садивного матеріалу винограду, вільного від тих чи інших вірусів, тобто на отримання так званого сертифікованого садивного матеріалу винограду. У попередні десятиріччя на виноградниках України співробітниками лабораторії вірусології і мікробіології ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова» методом імуноферментного аналізу (пізніше підтверджено методом ПЛР) було виявлено ряд вірусів винограду, в тому числі вірус коротковузля винограду (GFLV), перший, другий та третій серотипи вірусу скручування листя винограду (GLRaV I, GLRaV II, GLRaV III), вірус мармуровості винограду (GFkV), віруси А і В винограду (GVA, GVB), асоційовані із борознистістю деревини винограду. Ці віруси контролюються на садивному матеріалі винограду в Європейському Союзі та в Україні [8, 9]. В ряді випадків цінний генетичний матеріал винограду проходить оздоровлення за допомогою культури меристем, культури апексів *in vitro*, разом із термо- чи хемотерапією (застосування згаданого вище рибавіріну та ін.). Один з цих вірусів, а саме вірус мармуровості винограду, був визначений

як вид, який серед родини *Tymoviridae* має найбільшу частоту PQS порівняно із іншими дослідженими вірусами цієї родини [3].

Висновки

1. G-квадруплекси рослин пов'язані із їх стійкістю до біотичних та абіотичних факторів довкілля.

2. Стосовно культури винограду це явище в майбутньому може бути застосовано в селекції на холодо- (морозостійкість) та посухостійкість, а також на стійкість до вірусів винограду. Крім того, це може сприяти пошуку нових сполук із антивірусною активністю для отримання садивного матеріалу винограду, вільного від вірусної інфекції (європейські категорії «базовий» та «сертифікований»).

Бібліографія

1. Yadav, V., Hemansi, Kim, N., Tuteja, N., & Yadav, P. (2017). G Quadruplex in Plants: A Ubiquitous Regulatory Element and Its Biological Relevance. *Frontiers in plant science*, 8, 1163. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01163>.
2. Yang, X., Yu, H., Duncan, S., Zhang, Y., Cheema, J., Liu, H., Benjamin Miller, J., Zhang, J., Kwok, C. K., Zhang, H., & Ding, Y. (2022). RNA G-quadruplex structure contributes to cold adaptation in plants. *Nature communications*, 13(1), 6224. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34040-y>.
3. Pečinka, P., Bohálová, N., Volná, A., Kundrátová, K., Brázda, V., & Bartas, M. (2023). Analysis of G-Quadruplex-Forming Sequences in Drought Stress-Responsive Genes, and Synthesis Genes of Phenolic Compounds in *Arabidopsis thaliana*. *Life (Basel, Switzerland)*, 13(1), 199. <https://doi.org/10.3390/life13010199>.
4. Zhang, X., Xu, H., Zhang, Y., Ma, J., Wang, J., & Shi, X. (2024). Biological functions of G-quadruplexes and the ligands in plant viruses[J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 26(2), 301-310. <https://doi.org/10.16801/j.issn.1008-7303.2024.0037>.
5. Xie, C., Zhang, X., Pei, W., Sun, J., Shang, H., Huang, Z., Wang, M., Wang, D., Wang, G., Gui, Z., Liu, S., Li, F., & Wei, D. (2023). G-quadruplex in the TMV Genome Regulates Viral Proliferation and Acts as Antiviral Target of Photodynamic Therapy. *PLoS pathogens*, 19(12), e1011796. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1011796>.
6. Bohálová, N., Cantara, A., Bartas, M., Kaura, P., Šťastný, J., Pečinka, P., Fojta, M., Mergny, J.L., & Brázda, V. (2021). Analyses of viral genomes for G-quadruplex forming sequences reveal their correlation with the type of infection. *Biochimie*, 186, 13–27. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2021.03.017>.
7. Feng, Y., Tao, S., Zhang, P., Sperti, F.R., Liu, G., Cheng, X., Zhang, T., Yu, H., Wang, X.E., Chen, C., Monchaud, D., & Zhang, W. (2022). Epigenomic features of DNA G-quadruplexes and their roles in regulating rice gene transcription. *Plant physiology*, 188(3), 1632–1648. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiab566>.
8. Milkus, B., & Konup, L. (2009). The production of grapevine certified planting material in Ukraine. 16th IC VG Meeting: Abstracts, Paris, France, 12-17th September, 2009. – Paris, 2009. – p. 164.
9. Vlasov, V., Konup, L., Muljukina, N., Konup, A., Chistyakova, V., & Geretsky, R. (2017). Sanitary certification in the production of qualities planting material of grapevine: European experience and Ukrainian realities. Матеріали міжнародної конференції "Viticulture and wine-making in European Countries – historical aspects and prospects", October 25-27, 2017, Tbilisi, Georgia.

**Ірина Ковальова, Людмила Герус, Ніна Мулюкіна, Марина Федоренко,
Олена Салій**

**СУЧАСНІ СОРТИ ВИНОГРАДУ, ПРИДАТНІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ЕКОЛОГІЧНОЇ ЧИСТОТИ ПРОДУКЦІЇ**

*Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства
ім. В.Є. Таїрова», Національна Академія Аграрних наук України,
смт Таїрове, Одеська область, Україна*

*E-mail: ikovalova@ukr.net, lg0377_77@ukr.net, tairmna2005@ukr.net,
marinatairovo@ukr.net, helena_saliy@ukr.net*

Ключові слова: виноград, сортимент, патогеностійкість, екологічність

Вступ. На сьогодні однією з актуальних задач селекції є створення сортів з високим рівнем адаптивності до стресорів навколишнього середовища. Пріоритетним напрямком залишається виведення сортів з високим рівнем стійкості проти хвороб грибної етіології. Все більшої популярності набувають екологічне, біологічне чи стале виноградарство – сучасні ресурсозберігаючі технології вирощування багаторічних культур. Основна задача енергозберігаючих технологій вирощування – збереження навколишнього середовища на тлі економічно доцільної експлуатації виноградника.

Створення високоадаптивних сортів винограду базується на дослідженні рівня прояву як основних ознак адаптивності – зимостійкість, посухостійкість, патогеностійкість, так і рівня продуктивності та якісних ознак продукції. Такі селекційні програми розроблюються у Туреччині, Італії та інших країнах [1, 2]. Створюються нові сорти різних напрямків використання з різними фенологічними, морфологічними та технологічними характеристиками, але об'єднані високою витривалістю до абіотичних та біотичних стресорів [3, 4]. Проводяться дослідження складних міжвидових гібридів та спадкування стійкості від диких предків [5, 6].

Збереження біорізноманіття та зниження хімічного навантаження на насадження є світовим трендом, спрямованим на екологізацію сільського господарства. Основні принципи сталого виноградарства переважно відповідають принципам ресурсозберігаючих технологій вирощування. Першим з них є збереження природних ресурсів (вода та ґрунт) шляхом відмови від поливу та інтенсивного обробітку ґрунту з використанням сидератів. Другий полягає у мінімальному впливі на агробіоценоз з метою збереження природної екосистеми та цілісності агросистеми.

Третій принцип вимагає ефективного використання біологічних відходів у якості добрив, сидератів, тощо та екологічній утилізації неорганічних відходів. Важливим пунктом у відповідності принципам сталого виноградарства є використання екологічно прийнятної тари та супутніх матеріалів.

Метою досліджень була оцінка придатності новітніх сортів та форм винограду для екологічних систем вирощування на основі рівня їх адаптивності.

Матеріал та методи. Дослідження сортів та форм селекції ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова» проводилося за загальноприйнятими у виноградарських дослідженнях методиками та схемами. Агробіологічні обліки проводили згідно методик М.А. Лазаревського (1963) та методичних рекомендацій з агротехнічних досліджень у виноградарстві України (2004). Показники продуктивності оцінювались шляхом покущових обліків з урахуванням проходження фаз річного біологічного циклу та співвідношення тепло- і вологозабезпеченості за вегетаційний період (М.А. Лазаревський, 1963, А.Г. Амїрджанов, 1992). Зимостійкість та морозостійкість безнасінних сортів визначали за методичними рекомендаціями Чорноморець М.В. (1987). Посухостійкість безнасінних сортів вивчалася за адаптованою для виноградної рослини методикою Сергєєва Л.І., Сергєєвої К.А. (1961). Патогеностійкість сортів проти основних грибних хвороб оцінювали за 9-ти бальною шкалою на природному інфекційному фоні (за умови зниження у 2 рази пестицидного навантаження) (Банковська М.Г., 2007).

Вміст цукрів та кислот, що титруються, у ягодах визначали в хіміко-аналітичній лабораторії відділу виноробства методом хімічного аналізу відібраних середніх проб урожаю у кількості 100 ягід, встановлюючи масову концентрацію цукрів (ДСТУ 13192:2009), та кислот, що титруються (ДСТУ 14252:2009). Органолептичну оцінку свіжого винограду проводили за 10-ти бальною шкалою згідно методики П.Я. Голодриги (1963), складом дегустаційної комісії ННЦ "ІВіВ ім. В. Є. Таїрова" методом закритої дегустації. Розрахунок генетичних формул проводили на основі відкритих даних про походження сортів, вираховуючи частки різних видів *Vitis* аж до простих гібридів чи диких видів *Vitis*.

Результати та обговорення. Одним із найбільш небезпечних пунктів у плані екологічного впливу на довкілля залишається боротьба зі шкідниками та хворобами, необхідна для отримання високоякісного урожаю. Надзвичайно важливого значення тут набуває саме генетична обумовленість стійкості сортів, та використання профілактичних методів боротьби з патогенами та шкідниками. Дослідження рівня патогеностійкості сортів винограду новітнього покоління є одним з пріоритетних при виділенні нового генотипа. Тривалість досліджень дозволяє говорити про достатність для економічно доцільного вирощування 4-5 профілактичних обприскувань у роки з нормальними умовами вегетації та 2-3 додаткових лікувальних обприскувань у роки зі сприятливими для розвитку патогенів умовами. Рівень стійкості нових складних міжвидових гібридів в середньому за багаторічні дослідження (не менше 10 років) був у середньому на рівні 6,5–7,5 балів, що відповідає категорії «толерантність», «відносна стійкість» та «стійкість» за 9-ти бальною методикою, розробленою у ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова».

Всі вищеназвані сорти відносяться до внутрішньовидових гібридів *Vitis vinifera* та є еталонами якісних ознак для винограду. Саме сорти *Vitis vinifera* використовуються у селекційному процесі для вирішення селекційної задачі

створення високоякісних сортів. Однак їх походження з районів із достатнім волого – та теплозабезпеченням генетично обумовлює їх низьку зимостійкість та посухостійкість. Дана група сортів не має належного комплексу анатомічних, біохімічних та морфологічних захисних та сигнальних механізмів для наявності достатньо високого рівня патогеностійкості. Тому у роки зі сприятливими для розвитку патогенів умовами можлива втрата значної частки урожаю, або його якісних характеристик.

Оптимальні умови вирощування для винограду це також відсутність сприятливих умов для інтенсивного розвитку патогенів, оскільки вони здатні вплинути на продуктивність та на якість продукції. Саме захист від патогенів та шкідників потребує найбільшого хімічного навантаження на насадження та є загрозою екологічній безпеці продукції. Здатність рослини вижити і дати урожай в умовах, параметри яких відрізняються від оптимальних – це і є адаптивність. Вона обумовлюється наявністю захисних чи сигнальних механізмів анатомічної, фізіологічної, біохімічної чи морфологічної природи.

Генетично обумовлені механізми захисту від абіотичних та біотичних стресорів мають дикі види *Vitis*. Так, *Vitis amurensis* витримує до мінус 40°C, а *Vitis rupestris* та *Vitis berlandieri* – високостійкі проти патогенів. Поетапне насичення простих гібридів генами продуктивності та якості *Vitis vinifera* дозволило отримати гібриди з поєднанням високої адаптивності, продуктивності та якості продукції. На рисунку 1 відображені розрахункові формули генотипів перспективних столових та технічних сортів винограду селекції ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова».

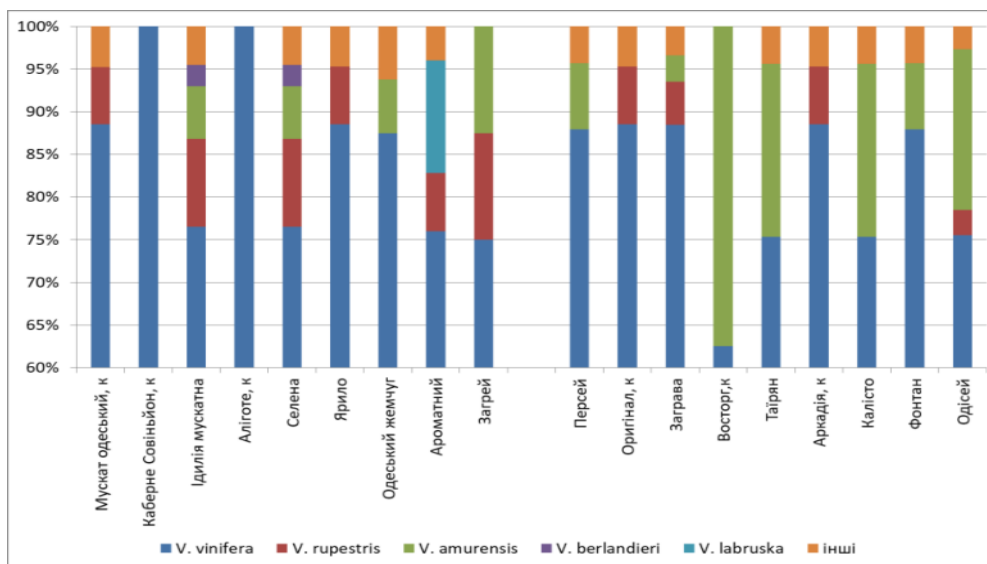


Рис. 1. Розрахункові формули генотипів перспективних столових та технічних сортів винограду селекції ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова» та розповсюджених контрольних сортів

З рисунку 1 видно, яке складне міжвидове походження мають нові генотипи. Саме наявність у розрахунковій формулі генотипу декількох видів *Vitis*, генетично обумовлює їх високу адаптивність та продуктивність. Однією із найважливіших вимог до сортів для сталого, адаптивного чи екологічного

виноградарства є їх високий рівень стійкості проти основних хвороб грибної етіології. Успішне вирощування продукції високої якості пов'язане із значним хімічним навантаженням, особливо в роки зі сприятливими для розвитку патогенів умовами.

На рис. 2 відображено рівень патогеностійкості перспективних сортів та форм винограду у роки різними за оптимальністю умовами для розвитку патогенів. Виділились сорти Фонтан, Персей, Оригінал, Ярило, Ароматний, Загрей з найвищим рівнем стійкості (6,9–7,5 балів).

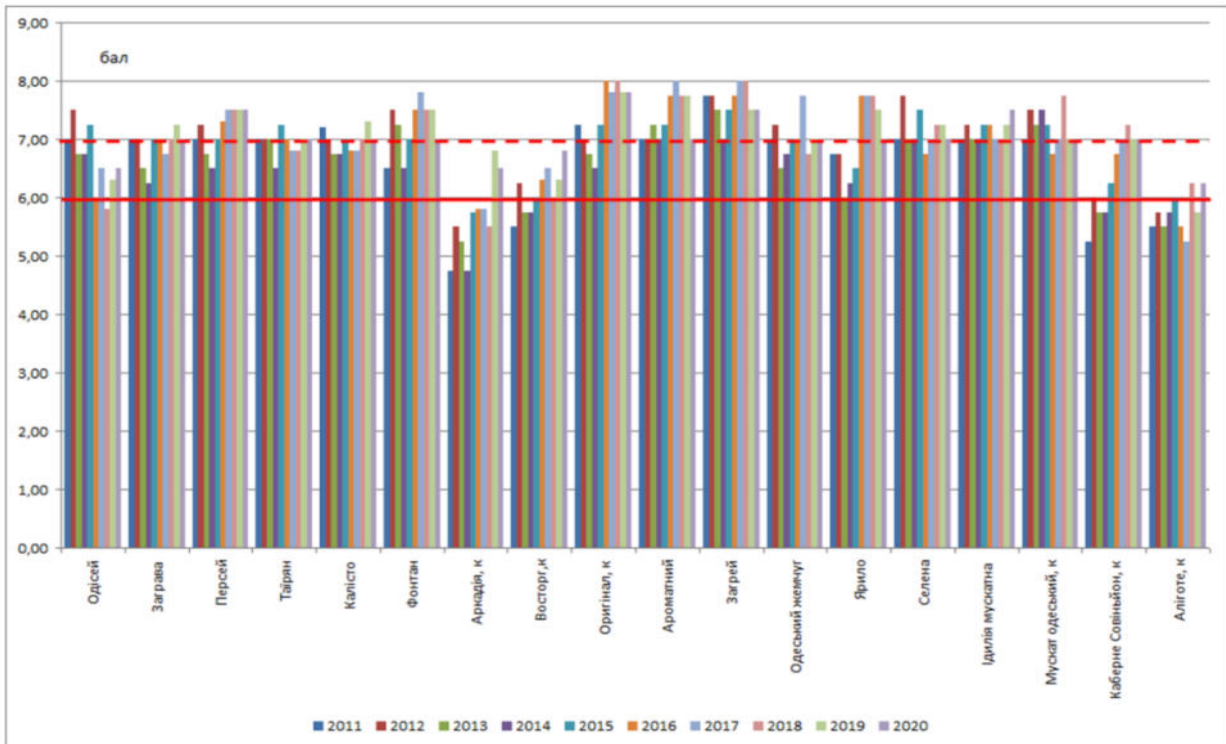


Рис. 2. Стабільність рівня патогеностійкості перспективних столових та технічних сортів винограду, 2011–2021 р.

Метою вирощування будь-якої сільськогосподарської культури є отримання високого та стабільного урожаю з високими якісними показниками. Урожайність – ознака, на яку впливає найбільше факторів, як внутрішніх, так і зовнішніх. Саме тому стабільність прояву даної ознаки можна вважати рівнем прояву адаптивності сорту – адже лише в оптимальних умовах рослина повністю розкриває свій потенціал продуктивності.

З рисунка 3 видно, наскільки рівень урожайності варіює по роках під впливом умов вегетації. Варіація по перспективним столовим сортам від 2,5 до 35 т/га, по групі технічних сортів – від 3 до 21 т/га.

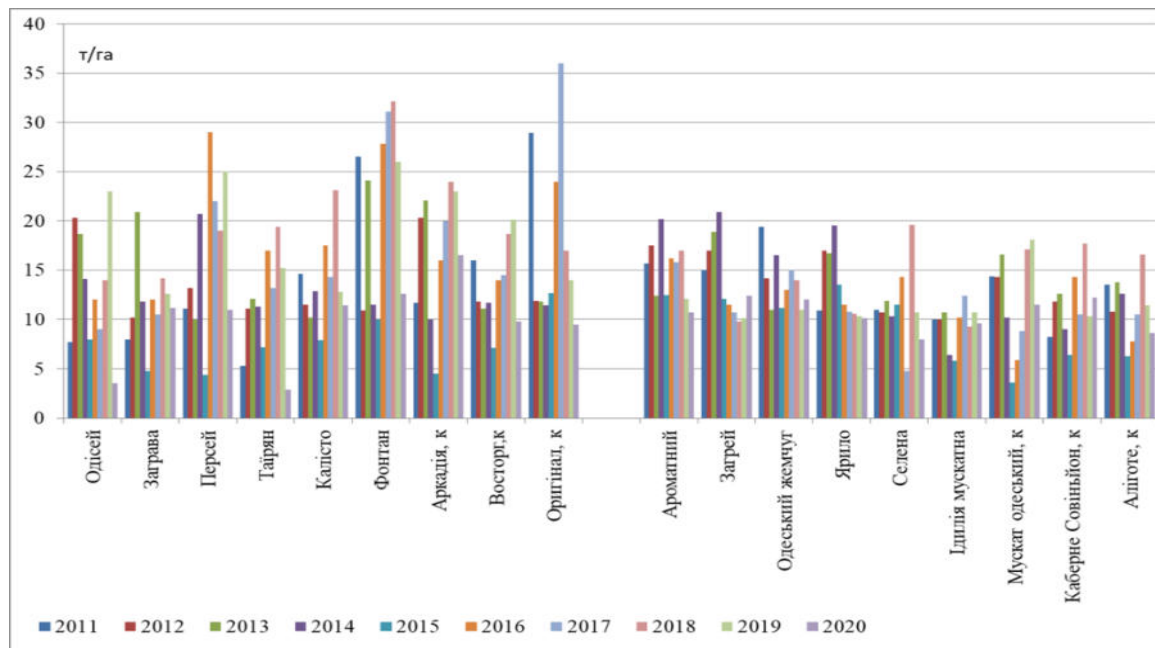


Рис. 3. Багаторічні дані дослідження урожайності перспективних столових та технічних сортів та форм винограду

Найменший економічно доцільний рівень урожайності – 10 т/га. Урожайність більшості перспективних сортів та форм не була нижчою даного рівня майже у всі дослідні роки. Стабільністю високого рівня прояву ознаки виділяються сорти та форми Оригінал, Фонтан, Ароматний, Загрей, Одеський жемчуг, Ярило.

За 10 років дослідження підтверджено стабільність прояву рівня цукронакопичення – однієї з ознак якості продукції винограду. Висока адаптивність перспективних сортів та форм підтверджена високим рівнем цукронакопичення незалежно від оптимальності умов року. Серед групи столових виділяється форма Таїрян з дуже високим, як для столового сорту, рівнем цукронакопичення – 19-26 г/100 см³. Високий рівень цукронакопичення – 21-28 г/100 см³ – технічних форм Селена та Ідилія мускатна дозволили рекомендувати їх для виробництва десертного вина. Інші технічні сорти та форми проявляють ексклюзивні характеристики смако-ароматичного комплексу вина, про що докладніше буде висвітлено далі.

Висновки

1. Багаторічні дослідження дозволили провести перевірку рівня прояву ознак адаптивності, таких як морозостійкість, патогеностійкість тощо, у природних екстремальних умовах. Виділення сіянців та селекційних форм у перспективних столових та технічних гібридних комбінаціях, завдяки генетичному обумовленню механізмів адаптивності, продуктивності та якості продукції, дозволило поповнити генетичний фонд високоадаптивними та високопродуктивними генотипами. Стабільність рівня прояву ознак селекційного інтересу дозволяє позиціонувати дані сорти, як основу для стабільного, адаптивного чи екологічного виноградарства України.

2. Стабільність рівня патогеностійкості перспективних сортів та форм винограду у роки, різні за оптимальністю умов для розвитку патогенів свідчить про ефективність даного напрямку селекції як засобу зниження рівня пестицидного навантаження в схемах захисту виноградних насаджень.

Бібліографія

1. Atak, A., & Şen, A. (2021). A grapebreeding programme using different *Vitis* species. *Plant Breeding*, 140(6), 1136–1149. <https://doi.org/10.1111/pbr.12970>.
2. Vezzulli, S., Vecchione, A., Stefanini, M., & Zulini, L. (2018). Downy mildew resistance evaluation in 28 grapevine hybrids promising for breeding programs in Trentino region (Italy). *European journal of plant pathology*, 150, 485–495. <https://doi.org/10.1007/s10658-017-1298-2>.
3. Bernardo, S., Dinis, L.T., Machado, N., Moutinho-Pereira, J. (2018). Grapevine abiotic stress assessment and search for sustainable adaptation strategies in Mediterranean-like climates. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38, 66. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0544-0>.
4. Ciubotaru, R.M., Franceschi, P., Zulini, L., Stefanini, M., Škrab, D., Rossarolla, M.D., Robatscher, P., Oberhuber, M., Vrhovsek, U., & Chitarrini, G. (2021). Mono-Locus and Pyramided Resistant Grapevine Cultivars Reveal Early Putative Biomarkers Upon Artificial Inoculation With *Plasmopara viticola*. *Frontiers in plant science*, 12, 693887. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.693887>.
5. Yildirim, Z., Sakin, T., Akçelik, M., & Akçelik, N. (2019). Characterization of SE-P3, P16, P37, and P47 bacteriophages infecting *Salmonella enteritidis*. *Journal of basic microbiology*, 59(10), 1049–1062. <https://doi.org/10.1002/jobm.201900102>.
6. Lukšić, K., Zdunić, G., Hančević, K., Mihaljević, M.Ž., Mucalo, A., Maul, E., Riaz, S., & Pejić, I. (2022). Identification of powdery mildew resistance in wild grapevine (*Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* Gmel Hegi) from Croatia and Bosnia and Herzegovina. *Scientific reports*, 12(1), 2128. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06037-6>.

Ніна Мулюкіна, Галина Ляшенко, Ірина Ковальова, Марина Бузовська,

Елла Мельник, Алла Лещенко, Андрій Ненартович

ХРОНІЧНІ ХВОРОБИ ВИНОГРАДУ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

*Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства
ім. В.Є. Таїрова», Національна Академія аграрних наук України,
сmt Таїрове, Одеська область, Україна*

*E-mail: tairmna2005@ukr.net, lgv53@ukr.net, ikovalova@ukr.net, marbuz@ukr.net,
emel@ukr.net, siren@meta.ua, andriy.nenartovych@syngenta.com*

Ключові слова: вірусні хвороби, скручування листя, мозаїка жилок, еска, кліматичні зміни, агрокліматичні умови

Вступ. Вплив кліматичних змін на ступінь прояву та рівні ураження хворобами вірусної та грибної етіології винограду є незаперечним фактом [1, 2]. Найчастіше ці впливи фіксуються в разі ураження патогенами провідної системи виноградної рослини (серед вірусних хвороб це скручування листя та борознистість деревини винограду, а серед хвороб, збудниками яких є грибні патогени – хвороби багаторічної деревини винограду – еска, еутипоз екскоріоз) [3, 4].

Серед грибних хвороб найчастіше привертає увагу збільшення прояву та рівнів ураження грибними хворобами багаторічної деревини винограду (чотири типи відмирання, викликані відповідно збудниками ески, еutipозу, екскоріозу та ботріосферою). Одним із найпоширеніших захворювань цієї групи є еска, яка, як і більшість патогенів багаторічної деревини винограду, викликає судинні ураження. На розвиток захворювання та час прояву його симптомів впливають абіотичні умови, в першу чергу вологість та температура повітря [5].

Кліматичні зміни (в першу чергу підвищення температури) впливають також на ураження винограду міддю (*Plasmopara viticola*) та оїдіумом (*Erysiphe necatrix*). Так, дослідження в контрольованих умовах показали, що захворюваність міддю зростає в умовах підвищення температури повітря і концентрації CO₂, в той час як захворюваність оїдіумом зростає лише при збільшенні температури та не змінюється при збільшенні концентрації CO₂ [6]. Якщо у випадку вірусних та грибних хвороб багаторічної деревини винограду заходи боротьби сфокусовані переважно на отриманні здорового садивного матеріалу, то поширення ураження міддю й оїдіумом обмежують за допомогою вдосконалення схем захисту виноградних насаджень. Це включає прийоми моніторингу динаміки прояву хвороб, зменшення кількості обробок при збільшенні ефективності препаратів, що використовуються, та включення до схем захисту, окрім власне захисних препаратів, біологічно активних речовин та їх комплексів.

Мета досліджень полягала в оцінці впливу кліматичних змін на прояв вірусних й грибних хвороб винограду.

Матеріал та методи. Моніторинг розвитку хвороб винограду, візуальний санітарний контроль прояву симптомів скручування листя, мозаїки жилок, ески винограду, імуноферментне виявлення першого та третього серотипів вірусу скручування листя, ПЛР та секвенування для виявлення комплексу збудників ески винограду.

Результати та обговорення. *Вірусні хвороби винограду.* Скручування листя винограду відноситься до хвороб, на прояв яких значно впливають метеорологічні умови поточного року, зокрема, жарка та посушлива погода. Виявлення хвороби на сорті Одеський чорний у 1987–1991 та 2001–2005 рр. показало поступове збільшення кількості хворих рослин на виноградниках ДП ДГ «Таїровське» від 1,5 до 4,6% із симптомами зміни забарвлення – почервоніння між жилками – та скручування країв листової пластинки донизу (рис. 1). В період 2010 – 2015 рр. це збільшення сягнуло 7,2%, проте зазначені зміни забарвлення частково були пов'язані із ураженням хворобами багаторічної деревини винограду.

Застосування кореляційного аналізу показало, що головним чинником, який найбільше впливає на прояв скручування листя, є кількість опадів у період прояву симптомів хвороби. Відомо, що вірус скручування уражує насамперед провідну систему (флоему) винограду. Зменшення кількості опадів додатково

погіршує її функціонування, що проявляється у зміні стану листового апарату, зовнішнім проявом якого є скручування країв листкової пластинки. Вплив термічного режиму на скручування листя є значно меншим, що проявляється у незначній кореляції між проявом симптомів та кількістю днів з середньодобовою температурою вище за 25°C.



Рис. 1. Характерний прояв скручування листя на сорті Каберне Совіньйон (зелене забарвлення уздовж жилок, помірне скручування листкової пластинки та нерівномірне визрівання ягід)

Вірусоподібне захворювання, мозаїка жилок, в умовах півдня України, проявлялося у вигляді блідо-зеленого забарвлення тканин, які прилягають до головних жилок та жилок менших порядків (рис. 2). Якщо у 1987–1991 рр. хвороба виявлялася на виноградниках усіх виноградарських регіонів України, то у 2001–2006 роках її було відмічено лише в Одеській області та на Закарпатті.

Порівняння результатів обстеження насаджень сорту Мускат жемчужний у 1987–1991 й 2001–2005 рр. показало, що в перший період обстежень візуальне ураження мозаїкою жилок складало 7,54%, у 2001–2005 рр. – лише 0,22%. У 2010–2015 рр. захворювання на дослідних ділянках не виявлялося.

Добре відомим є той факт, що на прояв мозаїки жилок впливають метеорологічні умови. Кількість хворих рослин помітно збільшується в прохолодні дощові сезони вегетації. Було виявлено пряму кореляцію між ступенем ураження мозаїкою жилок та кількістю днів з опадами. Зворотна кореляція відмічена між ступенем ураження та показниками термічного режиму.

Грибні хвороби багаторічної деревини на прикладі ески. З використанням розробленої нами шкали оцінки симптомів на листі було проведено дослідження особливостей часового та просторового розподілу хворих на еску кущів в межах ділянки. Слід зазначити, що рівень прояву ески на сорті 'Добриня' (за кількістю уражених кущів) на ділянці з 2014 по 2016 рік відзначалося незначне коливання. Загалом за 3 роки кількість кущів із симптомами пре-ески збільшилася від 10-ти до 17-ти, із симптомами ески – від 25 до 28. У сезон вегетації 2017 року спостерігалось різке зниження як кількості кущів із симптомами пре-ески та ески, так і ступеня прояву симптомів.



Рис. 2. Симптоми мозаїки жилок на листі саджанців європейських сортів у шкілці.
Праворуч – листок здорового саджанця

Оскільки для ески характерні коливання прояву симптомів як протягом періоду вегетації, так і у різні роки (сезони вегетації), для виявлення потенційних причин збільшення/зменшення рівнів ураження та прояву симптомів було проведено аналіз метеорологічних умов в період дослідження. Для аналізу було обрано фактори, які, за літературними даними, чинять найбільший вплив на прояв ески – температура та вологість (табл. 1).

Проведений кореляційний аналіз показав, що найбільш тісний зв'язок спостерігається між розвитком симптомів ески на сорті 'Добриня' і візуального ураження сорту 'Каберне Совін'йон' і середньомісячною температурою в період вегетації (червень-серпень). Коефіцієнти кореляції відповідно склали ($r = 0,77$) і ($r = 0,595$).

Таблиця 1. Метеорологічні умови 2014–2017 рр. (вибірково)

Показники	Роки досліджень			
	2014	2015	2016	2017
Температура повітря, °С				
Червень	21,0	21,8	22,5	21,7
Липень	24,8	23,8	24,4	23,1
Серпень	24,6	24,9	24,5	24,9
Кількість опадів, мм				
Червень	40,5	19,6	97,7	35,6
Липень	63,1	16,4	7,6	58,2
Серпень	12,0	84,9	15,0	55,5
Кількість днів з дощем				
Червень	11	6	8	2
Липень	6	6	2	4
Серпень	2	3	5	4
Кількість опадів, мм за вересень – жовтень попереднього року	77,8	31,7	65,5	275,1

Грибні хвороби винограду та вдосконалення систем захисту. Поширення ураження грибними хворобами винограду, яке спостерігається в останні роки (мілдью, оїдіум та гнилі) в ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова» обмежують за допомогою вдосконалення схем захисту виноградних насаджень. Окрім постійного моніторингу за початком прояву симптомів, особливо у дощову погоду, застосовуються високоефективні препарати останнього покоління (Топаз, Пергадо, Діналі), проте кількість обробок проти хвороб, порівняно із європейськими системами, зменшено на 2–3 обробки (табл. 2.) До складу системи захисту входить також Ізабїон – біодобриво та стимулятор, що містить амінокислоти, макро- та мікроелементи і сприяє повноцінному розвитку виноградної рослини.

Таблиця 2. Система захисту виноградних насаджень від основних шкідників і хвороб, ННЦ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова»

№	Фаза розвитку винограду	Препарати	Норма витрати на 1 га	Площа
1.	Бур'яни 20 квітня	Люмакс Ураган Форте	2 л 2 л	2 га
2.	3-7 листків 19 травня	Топаз Пергадо Люфокс	0.25 л 4 кг 1.0 л	2 га
3.	Перед цвітінням 14-15 червня	Діналі Ридоміл Голд Енжіо	0,6 л 2.5 кг 0,2 л	2 га
4.	Після цвітіння 29-30 червня	Топаз Ридоміл Голд R Ізабїон	0,2 л 5.0 кг 2.0 л	2 га
5.	Змикання ягід у гроні 14-15 липня	Квадріс Карате Зеон	0,8 л 0,2 л	2 га
6.	Закінчення росту ягід 28-29 липня	Топаз Проклейм	0,25 л 0.4 кг	2 га
7.	Дозрівання ягід (вибірково) 25 серпня	Хорус	0,6 кг	2 га

Висновки

1. Вплив кліматичних змін на вірусні хвороби винограду залежить від механізму патогенезу хвороби. Так, за ураження провідної системи виноградної рослини вірусом скручування листя зменшення кількості опадів та підвищення температури протягом періоду 1987–2015 р. сприяло збільшенню візуальних симптомів хвороби від 1,5 до 7,2%. Прояв симптомів вірусоподібної хвороби,

мозаїки жилок, пов'язаної із провідною системою та паренхімою листя, знижувався від 7,54 до 0, 22% і до повного зникнення візуальних проявів хвороби.

2. Вплив кліматичних змін на еску, хворобу багаторічної деревини, винограду, полягає у збільшенні візуальних проявів хвороби на листі в умовах підвищення середньої температури в період вегетації. Найбільш тісний кореляційний зв'язок виявлено між зменшенням прояву ески в сезон вегетації поточного року й збільшенням кількості опадів в період жовтень – листопад попереднього року (підщепний сорт 'Добриня', $r = - 0,79$).

Бібліографія

1. Rienth, M., Vigneron, N., Walker, R.P., Castellarin, S.D., Sweetman, C., Burbidge, C.A., Bonghi, C., Famiani, F., & Darriet, P. (2021). Modifications of Grapevine Berry Composition Induced by Main Viral and Fungal Pathogens in a Climate Change Scenario. *Frontiers in plant science*, 12, 717223. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.717223>.
2. Perrone, I., Chitarra, W., Boccacci, P., & Gambino, G. (2017). Grapevine-virus-environment interactions: an intriguing puzzle to solve. *The New phytologist*, 213(3), 983–987. <https://doi.org/10.1111/nph.14271>.
3. Beris, E., Selim, M., Kechagia, D., & Evangelou, A. (2023). Overview of the Esca Complex as an Increasing Threat in Vineyards Worldwide: Climate Change, Control Approaches and Impact on Grape and Wine Quality. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.105897>.
4. Podosu, A., Mihiu, G., & Stoian, I. (2008). Research Concerning the Biology of the Grapevine Excoriosis (Phomopsis viticola SACC.) under the Conditions of the Vineyards in Vrancea. *Lucr. Stiintifice USAMV Iasi, Ser. Hort.*, 51, 1197–1204.
5. Fischer M., & Ashnaei S.P. (2019). Grapevine, esca complex, and environment: The disease triangle. *Phytopathologia Mediterranea*, 58(1), 17–27. https://doi.org/10.13128/Phytopathol_Mediterr-25086.
6. Pugliese, M., Gullino, M.L., & Garibaldi, A. (2011). Effect of climate change on infection of grapevine by downy and powdery mildew under controlled environment. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 76(4), 579–582.

**Ніна Мулюкіна, Галина Ляшенко, Вячеслав Власов, Марина Бузовська,
Елла Мельник, Ганна Попова**

СКЛАДОВІ ФІТОПАТОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ МІКРОБІОМУ ВИНОГРАДУ ТА АСПЕКТИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТЕРУАРУ

*Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства
ім. В.Є. Таїрова», Національна Академія Аграрних наук України,
40 років Перемоги, 27, смт Таїрове, Одеська область, Україна*

*E-mail: tairmna2005@ukr.net, lgv53@ukr.net, vvv_iviv@ukr.net, marbuz@ukr.net, ,
emel@ukr.net, tuzlova1990@gmail.com*

Ключові слова: виноград, теруар, мікробіом, еска, екскоріоз, винні дріжджі

Вступ. Теруар як поняття стосовно виноградарства та виноробства – це сукупність природних факторів конкретної місцевості, ділянки землі, що впливають на властивості кінцевої продукції. Важлива роль відводиться мікробіому ґрунту та виноградної рослини. Одним із важливих компонентів мікробіому для ідентифікації теруару вважають винні дріжджі *Saccharomyces*

cerevisiae, через їх присутність на вегетативних органах та ягодах винограду і винопродукції а також через наявність різниці у поліморфізмі популяцій на різних ділянках [1]. Проте фітопатогенний комплекс кожного теруару є певною мірою специфічним, хоча вплив на нього здійснюють не лише фактори стійкості сорту винограду та агрокліматичні чинники, але й технології захисту насаджень.

Виходячи з актуальності кожної з груп патогенів, особливостей їх епідеміології та екології, для характеристики теруару варто виділити такі, що не піддаються безпосередньому видаленню за допомогою хімічних обробок. Це насамперед грибні патогени, що викликають хвороби багаторічної деревини винограду та вірусні хвороби, які впливають на стан провідної системи винограду (в першу чергу скручування листя винограду).

З початку 2000-х років виноградники старого Світу демонструють зростаючі втрати врожаю, і хоча причини цього не до кінця вивчені, підвищена частота захворювань штамбу була визначена в умовах кліматичних змін як один із головних чинників [2, 3].

Одним із найпоширеніших захворювань цієї групи є еска, яка викликає судинні ураження, що сприяють втраті якості та кількості врожаю, а також підвищують рівень загибелі виноградних кущів. Комплекс збудників ески є набагато ширшим порівняно із іншими хворобами багаторічної деревини винограду [4, 5].

Відмічено, що абіотичні фактори, такі як умови навколишнього середовища, суттєво впливають на розвиток захворювання та час прояву симптомів [6]. Вплив термічного та водного стресу на фізіологію винограду було зафіксовано також і у випадку ураження еutipозом (*Eutypa dieback*). В цілому за ураження хворобами багаторічної деревини винограду спостерігається кореляція між ступенем ураження та кількістю опадів і високими температурами [6].

Ураження чорною плямистістю (екскоріозом) також залежить від абіотичних факторів. Румунські вчені виявили, що у регіоні Вранча на глинистих ґрунтах, в умовах надмірної вологості ступінь ураження екскоріозом складав 35%, а сприйнятливість сорту відрізнялася залежно від кліматичних та мікрокліматичних умов винограднику [7, 8].

Отже, різниця екологічних умов виноградників потенційно впливає на склад фітопатогенів винограду, що може стати потенційним елементом ідентифікації теруару через склад мікробіому виноградної рослини.

Метою досліджень була оцінка потенціалу об'єктів фітопатологічного комплексу виноградників для ідентифікації теруару.

Матеріал та методи. Дослідження були проведені в ДП ДГ «Таїровське» та ДП ДГ ім. О. В. Суворова ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова» на ділянках сорту 'Сухолиманський білий' (7,2 га та 10 га), 1039 та 865 оглянутих кущів відповідно.

Ділянки основної локації дослідів розташовані в південній частині Причорноморської низовини на східному березі Сухого лиману. Адреси

розміщення хворих та здорових кущів заносили до журналу, з подальшою можливістю використання картографічного матеріалу для створення схеми розташування хворих кущів та динаміки збільшення їх кількості.

З метою виявлення вірусних хвороб винограду оцінювали наявність симптомів на листі в період травень - червень (коротковузля та скручування листя винограду). Для оцінки ступеня поширення грибних хвороб багаторічної деревини винограду (екскоріоз, еutipоз, еска) та ступеня ураженості ними оцінювали пошкодження багаторічної та однорічної визрілої деревини, а також симптоми на зелених пагонах та листі.

Результати та обговорення. Дослідна ділянка на території ДП ДГ «Таїровське» (рис. 1) займає площу 7,2 га – сорт ‘Сухолиманський білий’. На території винограднику стрімкість схилів складає 0-3°, а ґрунти представлені чорноземами південними середньосуглинковими та їх слабо- і залишково-солонцюватими відмінами (71д). Сума активних температур становить 3280°C, тривалість беззаморозкового періоду – 190 діб, річна кількість опадів – 414 мм, середній із абсолютних мінімумів температури повітря взимку як показник морозонебезпечності змінюється в межах -17,6...- 20,0°C.

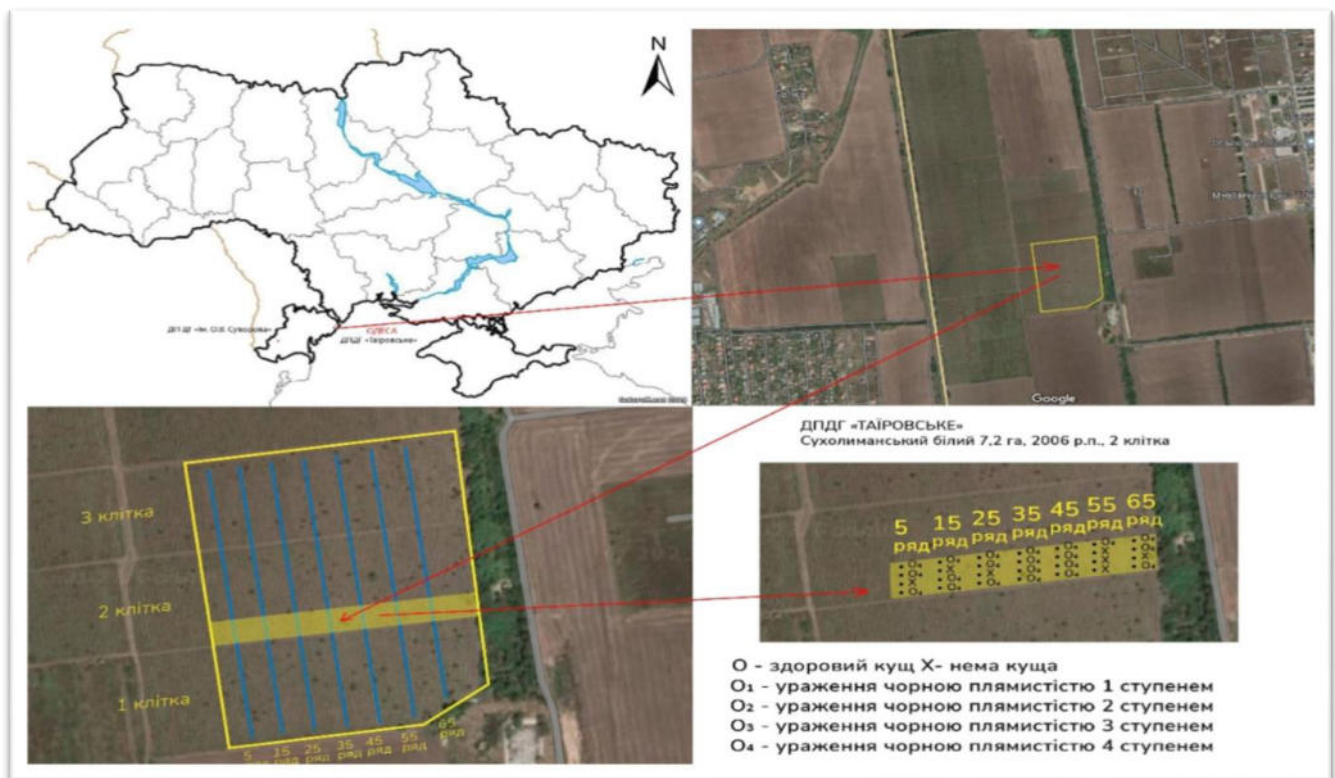


Рис. 1. Фітосанітарне обстеження сорту ‘Сухолиманський білий’ на території ДП ДГ «Таїровське»

Серед обстежених 1039 кущів зрідженість по даній ділянці складала майже 30%. В ході обстежень виявлено, що практично уся ділянка сорту ‘Сухолиманський білий’ уражена чорною плямистістю (табл. 1).

Симптомів вірусних хвороб не було виявлено. Ендofітні ураження багаторічної деревини були представлені симптомами від поодиноких темних плям на поперечному перетині до секторіальних та поперечних некрозів (рис. 2). Виявлені типи ендofітних уражень підтверджують наявність ураження чорною плямистістю та попередньо дозволяють припустити наявність ураження еутипозом та ботріосферою.

Таблиця 1. Ступінь ураження сорту 'Сухолиманський білий' чорною плямистістю (ДП ДГ «Таїровське», обстеження 31 березня 2023 року, однорічні визрілі пагони; обстеження 21 липня 2023 року, зелені пагони та листя)

Умовні позначення	Ступінь пошкодження чорною плямистістю, %	Уражених кущів, %	
		31.03.23	21.07.23
X	Відсутність куща	-	27,4
O	0 - Здоровий кущ	-	3,4
O ₁	1 бал (окремі пошкоджені пагони)	-	93,3
O ₂	2 бали (30-50 % пошкоджених пагонів)	-	3,1
O ₃	3 бали (більше 50-80% пошкоджених пагонів)	-	0,2
O ₄	4 бали – (пошкоджених пагонів – 90 – 100 %)	27,39	0



Рис. 2. Секторіальний некроз на поперечному перетині штамбу винограду сорту 'Сухолиманський білий'

Дослідна ділянка на території ДП ДГ ім. О. В. Суворова займає площу 10 га - сорту 'Сухолиманський білий' (рис. 3). На території винограднику стрімкість схилів складає 3,1-5°, а ґрунти представлені чорноземами звичайними слабо- і середньозмитими (65д+66д) та чорноземами на пісках середньо- та сильнозмитими супіщаними (93в). Сума активних температур становить 3513°C, тривалість беззаморозкового періоду – 196 діб, річна кількість опадів - 505 мм, середній із абсолютних мінімумів температури повітря взимку змінюється від – 20,1 до -22,5°C.

Серед обстежених 865 кущів зрідженість по даній ділянці становить 5%. В ході обстеження виявлено, що переважною хворобою багаторічної деревини винограду також є чорна плямистість (табл. 2), проте ступінь ураження значно відрізняється від ділянки сорту Сухолиманський білий в ДП ДГ «Таїровське». Так, ураження пагонів на рівні 1 балу (окремі пошкоджені пагони) було вищим на ділянці ДП ДГ «Таїровське» (93, 3% проти 28,0 % в ДП ДГ ім. О.В. Суворова), в той час як ураження на рівні трьох балів ступеня (50 – 80 % уражених пагонів) складало відповідно 0, 2 та 12,2%.

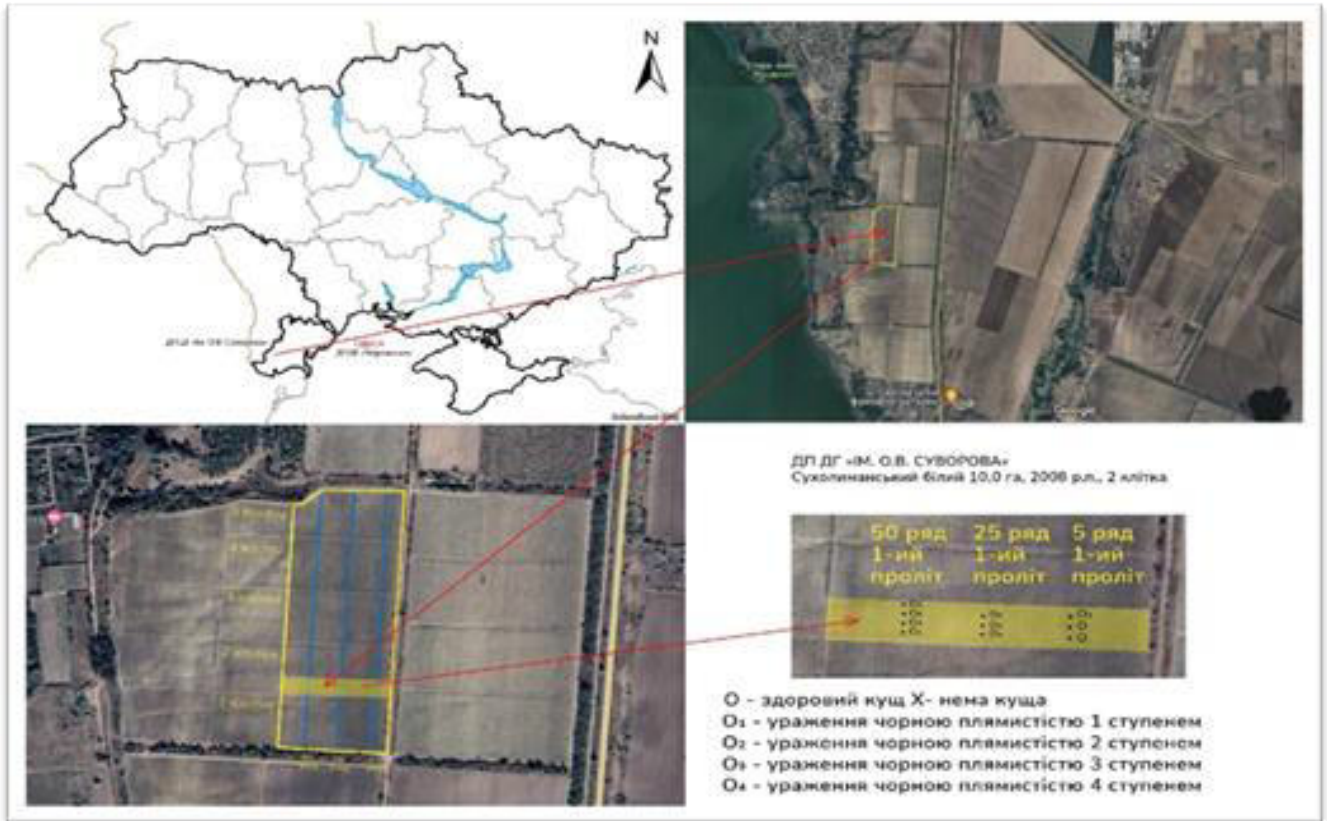


Рис. 3. Фітосанітарне обстеження сорту 'Сухолиманський білий' на території ДП ДГ ім. О.В. Суворова

Таблиця 2. Ступінь ураження сорту 'Сухолиманський білий' чорною плямистістю (ДП ДГ ім. О.В. Суворова, обстеження 5 травня 2023 року, однорічні визрілі пагони; обстеження 5 липня 2023 року, зелені пагони та листя)

Умовні позначення	Ступінь пошкодження чорною плямистістю, %	Уражених кущів, %	
		5.05.23	5.07.23
X	Відсутність куща	4,7	5,0
O	0 - Здоровий кущ	6,0	15,4
O ₁	1 бал (окремі пошкоджені пагони)	28,2	28,0
O ₂	2 бали (30-50 % пошкоджених пагонів)	31,0	26,4
O ₃	3 бали (більше 50-80% пошкоджених пагонів)	30,1	12,2
O ₄	4 бали – (90-100% уражених пагонів або кущ, який висох або всихання 1 рукава)	-	18,0

На ділянці виявлено ряд рослин із ендofітними симптомами на багаторічній деревині винограду, типових для ураження грибними хворобами та кущів із відмерлими рукавами, що є характерним для кількох типів відмирання деревини (відмирання, викликане еутипозом та ботріосферою (рис. 4).



Рис. 4. Типові некротичні пошкодження на зелених пагонах сорту 'Сухолиманський білий' за ураження чорною плямистістю, ДП ДГ ім. О.В. Суворова

Проведені раніше в ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова» дослідження мікробіому винограду показали наявність різниці між екологічними умовами дослідних ділянок в межах областей та територіальних громад за характеристиками ґрунтового покриву та мікрокліматичними умовами території, що, в свою чергу, дозволило зробити припущення щодо впливу цих умов на поліморфізм популяцій винних дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, який визначався за нуклеотидною послідовністю ділянки ITS1_5.8S ITS2 (Мулюкіна Н., Ляшенко Г., Бузовська М., неопубліковане).

Дослідження фітопатологічної складової мікробіому виноградних насаджень сорту 'Сухолиманський білий' також показали наявність різниці між екологічними умовами та ступенем ураження грибними хворобами багаторічної деревини винограду. За подібності видового складу хвороб ступінь ураження ними значно варіювала, особливо за ураження чорною плямистістю (екскоріозом).

Таким чином, виходячи із даних візуальних обстежень та ендofітних уражень деревини можна припустити, що зазначений комплекс включає щонайменше три серед із чотирьох відомих у світі типів відмирання внаслідок ураження багаторічної деревини винограду, а саме екскоріоз, еутипоз та ботріосфера (відповідно *Eutira dieback*, *Phomopsis dieback*, *Botryosphaeria dieback*). Раніше проведена у регіоні розташування ДП ДГ «Таїровське» ДНК-ідентифікація збудників грибних хвороб багаторічної деревини винограду шляхом секвенування регіону ITS [9] показала наявність на дослідних ділянках

ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова», що розташовані відносно близько до дослідної ділянки сорту 'Сухолиманський білий', видів *Eutypa lata*, *Phomopsis* sp, *Cadofora luteolivacea*, пов'язаних із відповідними типами відмирання, що є непрямим підтвердженням результатів візуального виявлення цих хвороб.

Висновки

1. За умов близького складу хвороб багаторічної деревини винограду (екскоріоз, еutipоз, ботріосфера) ступінь ураження ними значно коливається між дослідними ділянками. Так, ураження пагонів екскоріозом на рівні 1 бала (окремі пошкоджені пагони) було вищим на ділянці ДП ДГ «Таїровське» (93,3% проти 28,0% в ДП ДГ ім. О.В. Суворова»), в той час як ураження на рівні трьох балів (50-80% уражених пагонів) складало відповідно 0, 2 та 12,2%.

2. Виявлена різниця екологічних умов та складу хвороб багаторічної деревини винограду на дослідних ділянках сорту 'Сухолиманський білий' може стати передумовою ідентифікації теруару через фітопатологічний комплекс виноградних насаджень.

Бібліографія

1. González, M.L., Chimeno, S.V., Sturm, M.E., Becerra, L.M., Lerena, M.C., Rojo, M.C., Combina, M., & Mercado, L.A. (2023). Populations of *Saccharomyces cerevisiae* in Vineyards: Biodiversity and Persistence Associated with Terroir. *Fermentation*, 9, 292. <https://doi.org/10.3390/fermentation9030292>.
2. Oliva, J., Stenlid, J., & Martínez-Vilalta, J. (2014). The effect of fungal pathogens on the water and carbon economy of trees: implications for drought-induced mortality. *The New phytologist*, 203(4), 1028–1035. <https://doi.org/10.1111/nph.12857>.
3. Claverie, M., Notaro, M., Fontaine, F., & Wery, J. (2020). Current knowledge on Grapevine Trunk Diseases with complex etiology: a systemic approach. *Phytopathologia Mediterranea*, 59(1), 29–53. <https://doi.org/10.36253/phyto-11150>.
4. Bertsch, C., Ramírez-Suero, M., Magnin-Robert, M., Larignon, P., Chong, J., Abou-Mansour, E., Spagnolo, A., Clément, C., & Fontaine, F. (2013). Grapevine trunk diseases: complex and still poorly understood. *Plant Pathology*, 62(2), 243-265. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2012.02674.x>.
5. Fischer M., & Ashnaei S. P. (2019). Grapevine, esca complex, and environment: The disease triangle. *Phytopathologia Mediterranea*, 58(1), 17–27. https://doi.org/10.13128/Phytopathol_Mediterr-25086.
6. Beris, E., Selim, M., Kechagia, D., & Evangelou, A. (2023). Overview of the Esca Complex as an Increasing Threat in Vineyards Worldwide: Climate Change, Control Approaches and Impact on Grape and Wine Quality. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.105897>.
7. Podosu, A., Mihiu, G., & Stoian, I. (2008). Research Concerning the Biology of the Grapevine Excoriosis (*Phomopsis viticola* SACC.) under the Conditions of the Vineyards in Vrancea. *Lucr. Stiintifice USAMV Ias, Ser. Hortic.*, 51, 1197–1204.
8. Tică, C., Sesan, T., & Oprea, M. (1994). Excorioza (*Phomopsis viticola*), Boală de Importanță Majoră a Viței de Vie. [Excoriosis (*Phomopsis viticola*), a Grapevine Disease of Major Importance—RO]. *Probleme Protecția Plantelor*, 22, 21–51.
9. Muljukina, N.A., Pecenka, J., Geretskij, R.V., & Eichmeier, A. (2019). Grapevine trunk diseases pathogenes identification on grapevine rootstocks in Ukraine. *Microbiological Journal/Microbiolohichni Zhurnal*, 81(2), 65. <https://doi.org/10.15407/microbiolj81.02.065>.

Оксана Палінчак, Володимир Заверталюк

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ДИНИ ЗВИЧАЙНОЇ ДО ОСНОВНИХ ХВОРОБ У ЗОНІ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Дніпропетровська дослідна станція Інституту овочівництва і баштанництва НААН,
52041 Дніпро, Україна; E-mail: Orutnoe@i.ua

Ключові слова: диня, стійкість, бактеріоз, альтернаріоз, бал

Вступ. Диня звичайна (*Cucumis melo* L.) – однорічна рослина родини Гарбузові. Вона має сланке стебло з бічними пагонами різної довжини. Основними хворобами дині, залежно від зони вирощування, є бактеріальні (бактеріози різного походження), грибкові (борошниста роса, пероноспороз, альтернаріоз, антракноз тощо) та вірусні (мозаїка).

Одним із найбільш ефективних заходів стримування розповсюдження хвороб вважається використання резистентного сортового складу. До того ж, цей фактор відноситься до основних у системі оцінки кінцевим виробником конкурентоспроможності сортів [1]. Тому, в усьому світі, генеральним напрямом селекції є створення генотипів, стійких до хвороб. З цією метою науковцями різних країн здійснюються масштабні дослідження по пошуку стійкого вихідного матеріалу, який можна залучити до гібридизаційних програм. Так, в Болгарії, серед 63 генотипів дині, які різнились за біологічним статусом – сорт / лінія, було ідентифіковано 34 імунних, або стійких генотипи дині, які є відповідним джерелом для початку нової селекційної програми, спрямованої на підвищення стійкості до борошнистої роси [2].

В зонах вирощування дині у Китаї та Тайвані, окрім борошнистої роси, досить поширений і пероноспороз. Науковцями було виділено найціннішу зародкову плазму з генами стійкості серед більше як 500 колекційних зразків та запропоновано методику селекції форм з тривалою і широкою стійкістю за рахунок використання домінантних генів з мутантними алелями [3].

Уздовж узбережжя Середземного моря, найнебезпечнішим грибковою хворобою дині, що впливає на врожайність і якість, є фузаріоз. За найкращу стійку стратегію контролю цього збудника було обрано пошук донорів генетичної стійкості. Нововиявлені джерела резистентності були протестовані шляхом гібридизації та диференційовані за стійкістю до різних рас патогена [4].

Турецькими дослідниками було зосереджено увагу на пошуку джерел стійкості як до фузаріозу, так і до вірусу жовтої мозаїки. Запропоновані ними шляхи використання цінних генетичних ресурсів, в практичному плані дозволили серед 87 досліджених зразків встановити комплексно резистентні до декількох штамів хвороби та рас вірусу [5].

Як свідчать дані результати, пошук, вивчення та залучення до різних дослідницьких програм стійкого вихідного матеріалу можна вважати актуальним рішенням проблеми підвищення стійкості дині до патогенів.

Зона Північного Степу України відрізняється сукупністю екологічних чинників, які дають змогу одержувати високі врожаї свіжої баштанної продукції. Проте, з різною інтенсивністю в деякі роки, на рослинах дині відмічається поширення бактеріальних хвороб листя (*Pseudomonas lachrymans*) та альтернаріоза (*Alternaria cucumerina*).

Мета досліджень: здійснити фітопатогенний моніторинг колекційного матеріалу дині звичайної в умовах природного розвитку хвороб та виділити цінні джерела стійкості..

Матеріали і методи. Науково-дослідну роботу проводили у Дніпропетровській дослідній станції Інституту овочівництва і баштанництва НААН впродовж 2016–2023 рр., з використанням відповідних чинних методик дослідної справи в овочівництві і баштанництві [6, 7]. Методи досліджень: польові (обліки, спостереження), візуальні, математично-статистичні.

Матеріалом для дослідження слугували 99 зразків дині звичайної, які входять до колекції генетичного різноманіття ДДС ІОБ НААН, за походженням – з двадцяти трьох країн світу: Аргентина (1), Азербайджан (1), Чилі (1), Чехія (1), Угорщина (1), Японія (1), Португалія (1), Судан (1), Таджикистан (1), Туніс (1), В'єтнам (1), Індія (2), Італія (2), Нідерланди (2), Румунія (2), Болгарія (3), Китай (3), Німеччина (4), Казахстан (5), Молдова (5), США (8), росія (16), Україна (36). За біологічним статусом вивчені зразки були представлені селекційними сортами (73), селекційними лініями (6), місцевими формами (13), популяціями (7). Стандарт – сорт Тітовка, селекції ДДС ІОБ НААН. Оцінку стійкості до хвороб проводили в природних умовах згідно зі Шкалою-класифікатором у модифікації ІОБ НААН (за 9-ти бальною системою): 0 – ураження поверхні рослин або окремого органу відсутнє; 1 – поодинокі ознаки, уражено 10% поверхні рослин або окремого органу; 3 – від 11 до 25%; 5 – від 26 до 50%; 7 – від 51 до 75%; 9 – від 76 до 100%.

Результати і обговорення. Сукупність негативних абіотичних факторів у першій половині вегетації рослин дині, які зазвичай складаються у зоні Північного Степу України, як то зниження середньодобової температури повітря на фоні нестійких опадів, сприяли деякому поширенню бактеріальних хвороб листя та пізніше й альтернаріозу (табл. 1).

Таблиця 1. Характеристика вихідного матеріалу за стійкістю проти хвороб (на природному інфекційному фоні), в середньому за 2016–2023 рр.

Хвороби	Розподіл зразків за групами				
	практично стійкі	слабо сприйнятливі	середньо сприйнятливі	сприйнят- ливі	дуже сприйнятливі
Бактеріоз	6	87	6	0	0
Альтернаріоз	7	68	23	1	0

За результатами восьмирічних досліджень, слабосприйнятливими до бактеріозу виявились 87 зразків (середньозважений бал ураження 1,2–3,0),

середньосприйнятливими – 6 зразків (3,1–3,6). Інші сорти (6) були практично стійкими з балом ураження 0,0–1,0 (у стандарту – 2,1 бали). Найменший прояв візуальних ознак цього захворювання визначено на рослинах зразка Takada (0,0 бал), найбільший – у зразків Місцевий 5753, Delicious 51, Алушта (3,3–3,6 балів). Щодо альтернаріозу, то найбільший його прояв відмічено у зразка казахстанського походження – Місцевий 5868 (5,3 бали). За сприйнятливістю слабкого та середнього ступеня виділились 68 та 23 зразків відповідно (1,1–3,0 бали та 3,1–4,9 бали проти 2,0 бали у стандарту). До практично стійких (0,0–1,0 бали) віднесено 7 сортів, серед яких ознак захворювання не виявлено лише у зразка Takada (0,0 бали).

Одержані результати підтверджують справедливість суджень, про ефективність пошуку джерел горизонтальної стійкості серед генетичного різноманіття вивченого виду. В подібних дослідженнях Cui L. та ін. (2022), при вивченні дуже великого обсягу зразків вдалось визначити джерела стійкості до декількох грибкових хвороб. Чотири зразки дині віднесено до найціннішої зародкової плазми, оскільки в них були ідентифіковані численні гени, які широко використовуються в селекції на стійкість [3]. Крім того, подібні підходи використовуються в роботі з іншими баштанними культурами.

За повідомленнями Лінніка З.П. та ін. (2021), детальний імунологічний аналіз 117 зразків кавуна різного еколого-географічного походження за рівнем стійкості до фузаріозного в'янення та бактеріозу, дозволив виявити зразки з високою пластичністю і стабільністю за ознакою стійкості проти хвороб в умовах різних років. Виокремлено 20 генотипів з найвищою селекційною цінністю для подальшого використання в селекційному процесі зі створення стійких до хвороб ліній, сортів та гібридів [8].

Отже, проведена нами широка оцінка колекційного матеріалу дині дозволила виділити джерела стійкості до шкочинних патогенів, найбільш поширених в агроекологічній зоні досліджень. Практично стійкими до бактеріозу виявились зразки Осіння 6 (середньозважений бал ураження 0,8), Місцевий 5746 (0,9), Гопринка (0,9), Perlita (1,0), Lednicku (1,0). Стосовно стійкості до альтернаріозу, найвищий її рівень визначено у таких зразків: Бронзовка (0,6), Perlita (0,7), Ракета (0,8), Місцевий 5746 (0,9), Харде 5 (0,9), Памяти Пангало (1,0). Японський сорт Takada виявився імунним до обох патогенів (0,0). Також до комплексно стійкий можна віднести зразки Perlita, походженням з США та Місцевий 5746 з Болгарії.

Висновки. Продемонстрована результативність пошуку джерел стійкості до бактеріальних та грибкових хвороб, які щорічно відмічаються у зоні Північного Степу України. Для подальшої селекційної роботи рекомендовано залучати сорти, практично стійкі до бактеріозу (6) та альтернаріозу (7).

Бібліографія

1. Шабля, О.С., & Холодняк, О.Г. (2021). Організаційно-маркетинговий підхід до процесу селекції нових сортів баштанних культур в Південному регіоні України. *Овочівництво і баштанництво*, 69, 131–139. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-69-131-139>.
2. Ivanova, Zh., Vasileva, K., Velkov, N., & Grozeva, S. (2018). Evaluation of powdery mildew resistance in various melon (*Cucumis melo* L.) genotypes. *Agricultural Science and Technology*, 10 (4), 279–284. <https://doi.org/10.15547/ast.2018.04.053>.
3. Cui, L., Siskos, L., Wang, C., Schouten, H.J., Visser, R.G.F., & Bai, Y. (2022). Breeding melon (*Cucumis melo*) with resistance to powdery mildew and downy mildew. *Horticultural Plant Journal*, 8 (5), 545–561. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2022.07.006>.
4. Chikh-Rouhou, H., Gómez-Guillamón, M.L., González, V., Sta-Baba, R., & Garcés-Claver, A. (2021). *Cucumis melo* L. Germplasm in Tunisia: Unexploited Sources of Resistance to *Fusarium* Wilt. *Horticulturae*, 7, 208. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7080208>.
5. Çetin, A.N., Uncu, A.T., Şen, F., Erdeğer, Ş.N., & Türkmen, Ö. (2021). Determination of Resistance Levels to *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* and ZYMV and Homogeneity in Some Melon Genotypes. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 36(1), 1–6. <https://doi.org/10.47059/alinteri/V36I1/AJAS21001>.
6. Бондаренко, Г.Л., & Яковенко, К.І. (Ред.). (2001). *Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві*. Х.: Основа, 2001. – 369 с.
7. Горова, Т.К., & Яковенко, К.І. (Ред.). (2001). *Сучасні методики селекції овочевих і баштанних культур*. Харків: Вид-во ІОБ УААН.
8. Ліннік, З.П., Чаюк, О.О., Сергієнко, О.В., & Онищенко, О.І. (2021). Вихідний матеріал кавуна для селекції на комплексну стійкість до хвороб. *Овочівництво і баштанництво*, 69, 13-23. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-69-13-23>.

Володимир Сverdлов, Юрій Карпенко

ФІТОРІЗНОМАНІТТЯ ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ОБ'ЄКТІВ УКРАЇНИ (НА ПРИКЛАДІ РЕГІОНАЛЬНИХ ЛАНДШАФТНИХ ПАРКІВ)

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка,
вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, Україна
E-mail: vovaso8989@ukr.net, yuch2011@i.ua

Ключові слова: фіторізноманіття, екосистемні послуги, природно-заповідний фонд, регіональні ландшафтні парки, поліська частина України

Вступ. Усвідомлення ролі фіторізноманіття в екосистемних послугах має ключове значення для вирішення актуальних екологічних і соціальних проблем. Екосистемні послуги визначаються як життєво важливі для добробуту та економічного і соціального зростання людини, компоненти та складові навколишнього середовища. Вони поєднують забезпечення їжею, водою, регулювання природних компонентів (клімату, боротьба з повенями), підтримку екологічних процесів (кругообіг речовин, запилення) та культурні (рекреаційні, естетичні) послуги. Тому оцінка, збереження та відновлення фіторізноманіття природно-заповідних об'єктів має важливе значення для підтримання функціонування екосистем та забезпечення збалансованого розвитку територій і

надання екосистемних послуг для населення, переважно це стосується поліфункціонального статусу [5].

Проте фіторізноманіття зменшується із значною швидкістю через людську діяльність, таку як: знищення біотопів, забруднення, зміна клімату та надмірна експлуатація ресурсів та екосистем. Утрата фіторізноманіття загрожує стабільності та стійкості екосистем, а також добробуту населення, яке залежить від екосистемних послуг. Тож існує необхідність в оцінці, збереженні та відновленні фіторізноманіття, для забезпечити безперервне надання екосистемних послуг і захисті довкілля.

Взаємозв'язок між фіторізноманіттям та екосистемними послугами є складним і багатостороннім. Фітобіота виступає як основа, на якій ґрунтуються екосистемні послуги, зокрема чим більша різноманітність видів рослин у екосистемі, тим вона є більш стійкішою і продуктивнішою, що сприяє кращому забезпеченню екосистемних послуг.

Матеріали і методи. У природно-заповідних об'єктах України, особливо в системі регіональних ландшафтних парках поліської частини України, фіторізноманіття відіграє важливу роль у формуванні екосистемних послуг.

Екосистемні послуги – це всі вигоди, які людина отримує від природних екосистем. Відповідно до класифікації глобальної ініціативи *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (економіка екосистем і біорізноманіття) екосистемні послуги поділяються на 4 категорії:

- послуги із ресурсозабезпечення (їжа, чиста вода, риба, деревина, опилкування);
- регулюючі послуги (прохолодніша температура, регулювання повеней, очищення повітря, поглинання вуглецю);
- культурні та соціальні послуги (естетична, рекреаційна, освітня-просвітня);
- підтримуючі послуги глибинних екосистемних процесів (формування ґрунту, фотосинтез, біорізноманіття, підтримка місць існування).

Окрім такої класифікації, у 2009 році в ЄС склали уніфіковане визначення та стандартизовану типологію екосистемних послуг – *the Common International Classification of Ecosystem Services (CICES)*. Відповідно до неї, виділяють три групи (секції) екопослуг:

- постачальні послуги (рослини для споживання, риба, деревина для енергії або як сировина, генетичний матеріал, поверхневі води, підземні води, мінеральна сировина);

- регулювання та підтримка (дисиміляція забруднюючих речовин, регуляція повеней, підтримка життєвого циклу, оселищ видів, контроль шкідників, регуляція якості ґрунту, стану води, складу атмосфери, регуляція мікроклімату);

- культурні послуги (фізична, духовна, інтелектуальна взаємодія із довкіллям, природний символізм у культурі, рекреація, туризм).

Наведені вище екосистемні послуги стають ключовими у забезпеченні стабільного функціонування екосистем та забезпеченні благополуччя людей.

Для оцінки фіторізноманіття на різних рівнях, починаючи з локального та досягаючи глобального, використовуються різні методи, які охоплюють діапазон, що складають як традиційні (польові дослідження), так і новітні методи (технології дистанційного зондування).

Результати і обговорення. У природно-заповідних об'єктах, фіторізноманіття є основою для багатьох екосистемних послуг, таких як забезпечення живлення, регулювання клімату, очищення води та повітря, а також забезпечення рекреаційних можливостей та естетичного задоволення.

У країнах Європейського Союзу ландшафтні парки є найпоширенішою категорією поліфункціональних заповідних територій, які доповнюють мережу національних парків [2]. Ці парки є важливим елементом екологічного захисту регіону, сприяючи збереженню природних цінностей та раритетного біорізноманіття [2].

Регіональні ландшафтні парки у природоохоронному законодавстві України віднесені до категорії природно-заповідного фонду України, зокрема до статей 23-24 Закону «Про природно-заповідний фонд України», маючи статус природоохоронних та рекреаційних об'єктів місцевого або регіонального значення [10].

Поліська частина України відіграє важливу роль як одна з сполучних територій (Поліський широтний екологічний коридор) для збереження біоти, ландшафтів та міграцій тварин і рослин [1], а тому мережа природно-заповідних територій, і регіональних ландшафтних парків, сприяє збереженню фіторізноманіття, ценозів та природних екосистем, які визначають їх особливості.

Регіон досліджень відзначається своєрідною природною різноманітністю, яка складається з мозаїки різних типів ландшафтів, багатих водних ресурсів та унікальністю рослинного світу. Регіональні ландшафтні парки цієї території, такі як «Прип'ять-Стохід» (1995 рік створення), «Надслучанський» (2000), «Міжріченський» (2002), «Ялівщина» (2014) та «Пташиний рай» (2017) є важливими об'єктами в охороні цієї природної спадщини. Вони виступають важливими елементами заповідної мережі для збереження біоти та ландшафтів на регіональному рівні. У межах території досліджень вони мають загальну площу 118260,45 га, що становить 1,62% від загальної площі та забезпечують охороною природно-територіальні комплекси з відповідною флористичною та ценотичною структурою та рядом раритетних видів судинних рослин і угруповань з Зеленої книги України [8].

У структурно-територіальній організації регіональних ландшафтних парках поліської частини України фіторізноманіття виступає ключовим фактором для забезпечення різноманітних екосистемних послуг. Різноманітність лісових, болотних, водних та лучних угруповань формує структурованість, яка сприяє багатокomпонентності, стійкості та стабільності екосистем як компоненту

природно-заповідних територій, збереженню біорізноманіття, ландшафтів та шляхів міграцій тварин і рослин [9].

У межах територій регіональних ландшафтних парках поліської частини України, фіторізноманіття відіграє значну роль у формуванні та забезпеченні наступних екосистемних послуг:

1. *Очищення повітря*: Судинні рослини здатні поглинати вуглекислий газ та інші забруднюючі речовини, що зменшує їх концентрацію у повітрі. Це сприяє зниженню рівня забруднення та поліпшенню якості повітря, що є важливим для здоров'я людини та інших живих організмів.

2. *Очищення води*: Рослини, особливо прибережно-водні та водні види, відіграють ключову роль у фільтрації та очищенні водойм від різних забруднень. Вони вбирають надлишок поживних речовин та токсичних сполук, що забезпечує збереження водної якості та підтримує різноманітність водних екосистем.

3. *Збереження ґрунтів*: Судинні рослини зі своїм корінням утримують ґрунт, запобігаючи ерозії та втраті родючості. Вони сприяють утриманню вологи у ґрунті та формуванню стабільних екосистем, що є важливим для збереження природних ресурсів.

4. *Регулювання клімату*: Фіторізноманіття впливають на клімат, регулюючи температуру та вологість повітря, зменшуючи ефект парникового газу та забезпечуючи місцевий мікроклімат. Ліси, наприклад, можуть знижувати температуру, поглинаючи сонячне тепло, та зберігати вологу, що створює комфортні умови для життя.

5. *Забезпечення біорізноманіття*: Фіторізноманіття є основою для збереження різноманітності життя. Велика кількість рослинних видів створює умови для існування різноманітних екосистем, що забезпечує місце проживання для численних видів. Фіторізноманіття допомагає зберігати біорізноманіття територій, сприяючи збереженню рідкісних та ендемічних видів рослин. Це важливо для збереження генетичної різноманітності та забезпечення стійкості екосистем до зовнішніх впливів [3].

Фітобіота виступає основою екосистемних послуг, формуючи складну біологічну систему, які включають широкий спектр функцій екосистем, в тому числі послуги забезпечення, такі як трофічні і гідрологічні компоненти; регулюючі послуги, зокрема регулювання клімату, боротьба з хворобами та опилення; культурні послуги, як-от духовні та рекреаційні ресурси; та допоміжні послуги, які підтримують функціонування самих екосистем, а саме: кругообіг поживних речовин та формування ґрунту.

Оцінка, збереження та відновлення фіторізноманіття є важливими заходами для забезпечення стабільного отримання екосистемних послуг. Оцінка фіторізноманіття передбачає знання розмаїття форм життя, присутніх в екосистемі, від видового до генетичного рівня, а також оцінку їх розподілу, чисельності, взаємодії та цінності. Так, для флори судинних рослин

регіонального ландшафтного парку «Ялівщина», яка представлена 605 видами, значну цінність має рариттна компоенента, яка включає 8 видів з Червоної книги України (*Salvinia natans* (L.) All, *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz та інші) та 14 регіонально рідкісних видів, які охороняються в межах Чернігівської області (*Equisetum hyemale* L., *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman, *Polystichum aculeatum* (L.) Roth, *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod, *Pteridium aquilinum*, *Juniperus communis* L. та інші) [7]. У природних лісових екосистемах цього парку значно поширеними є деревні інтродуценти далекосхідного та північноамериканського походження (101 вид), які були висаджені у середині ХХ ст. під час функціонування Чернігівського обласного ботанічного саду [6].

Природоохоронні заходи спрямовані на захист і збереження фіторізноманіття в його природних ареалах. Вони передбачають створення природоохоронних територій, впровадження природоохоронної політики та нормативних актів, а також участь у природоохоронних ініціативах на різних територіальних рівнях.

Стратегії збереження природи природно-заповідних територій часто включають пріоритет територіям з високим рівнем біорізноманіття, таким як «гарячі точки» біорізноманіття, а також місцям існування (біотопам), які особливо вразливі до людської діяльності, а це водно-болотні угіддя, еталонні лісові екосистеми та оселища з рідкісними, зникаючими та ендемічними видами фітобіоти.

Заходи з відновлення зосереджені на збереженні та відродженні деградованих екосистем до їхнього природного стану, що сприяє збільшенню біорізноманіття та екосистемних послуг.

Відновлювальні проекти у межах територій регіональних ландшафтних парків (їх господарської зони) можуть включати такі заходи, як лісовідновлення, відновлення ареалів, реінтродукція аборигенних видів. Ці заходи не лише сприяють збереженню фіторізноманіття, але й допомагають пом'якшити наслідки втрати ареалів, фрагментації, забруднення та зміни клімату.

Для успішного збереження і відновлення біорізноманіття у межах територій регіональних ландшафтних парків необхідна міжгалузєва співпраця та комплексні підходи, що враховують екологічні, соціальні, економічні та культурні фактори. Залучення територіальних спільнот і громад, етнічних груп та інших зацікавлених сторін до процесів розробки та прийняття рішень має важливе значення для забезпечення довготривалої ефективності ініціатив зі збереження, відновлення та підтримання фіторізноманіття поліської частини України.

Використання сучасних знань і практик може посилити природоохоронні заходи та сприяти покращенню взаємодії між людиною і природою. Подолання загроз фіторізноманіттю, зокрема руйнування біотопів, надмірна експлуатація, забруднення, поширення інвазійних видів та зміна клімату, має вирішальне значення для збереження екосистемних послуг і підтримання життєдіяльності

як людських, так і природних комплексів. Впровадження практик сталого природокористування, сприяння розвитку сільського та лісового господарства, сприятливого для фіторізноманіття поліської частини України, здійснення ефективних заходів з управління та збереження, а також підтримка міжнародних угод і конвенцій є вирішальними чинниками у забезпеченні захисту та відновлення біорізноманіття в усьому світі.

Висновки. Фіторізноманіття є основою для стабільного функціонування регіональних ландшафтних парків поліської частини України, забезпечують охороною природно-територіальні комплекси з відповідною флористичною та ценотичною структурою та рядом рідкісних видів судинних рослин і угруповань з Зеленої книги України. Збереження фіторізноманіття є важливим для забезпечення багатьох екосистемних послуг, які вони надають. Встановлення взаємозв'язку між цими поняттями має важливе значення для ефективного збереження та сталого управління екосистемами регіональних ландшафтних парків поліської частини України. Оцінка, збереження та відновлення фіторізноманіття є важливими завданнями, які вимагають узгоджених дій та співпраці на місцевому, національному та глобальному рівнях. Захищаючи фіторізноманіття територій природно-заповідного фонду та сприяючи стійкій взаємодії між людиною і природою, стає можливим збереження біологічного різноманіття в цілому.

Бібліографія

1. Andrienko, T.L. (2006). *Phytodiversity of Ukrainian Polissya and its protection*. Phytosociocenter. (in Ukrainian).
2. *Europe's Nature Parks, Landscape Parks and Regional Parks* (2021). Europe's Nature Parks, Landscape Parks and Regional Parks. <https://www.european-parks.org/home>.
3. Finlayson, C., & D'Cruz, R. (2005). Inland Water Systems. In: *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends* (20 ed., Vol. 1), pp. 551-583.
4. ForCES – Forest Certification for Ecosystem Services – A groundbreaking pilot project to expand FSC's scope and relevance <https://www.slideshare.net/CIFOR/fa-fsc-al>.
5. *Home - The Economics of Ecosystems and Biodiversity*. (n. d.). The Economics of Ecosystems and Biodiversity. <https://teebweb.org/>.
6. Karpenko, Yu., Potots'ka, S., & Sverdlov, V. (2023). Vascular plants of the spontaneous flora of the regional landscape park «Yalivshchyna»(Chernihiv). *Biota. Human. Technology*, (3), 7–18. <https://doi.org/10.58407/bht.3.22.1> (in Ukrainian).
7. Karpenko, Yu. (Eds.). (2023). Rare biodiversity of the territory of the regional landscape park "Yalivshchyna": structure, distribution and principles of protection. *Desna Polygraph*. (in Ukrainian).
8. On the Program of Prospective Development of Protected Areas in Ukraine, Resolution of the Verkhovna Rada of Ukraine No. 177/94-VR (1994) (Ukraine). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/177/94-vr#Text>.
9. Кошіль, А., & Мельянова, Л. (2023). Управлінська звітність в інформаційно-технологічному забезпеченні. *Acta Academiae Beregsasiensis. Economics*, (3), 338–344. <https://doi.org/10.58423/2786-6742/2023-3-338-344>.
10. *Про природно-заповідний фонд України*. (б. д.). Офіційний вебпортал парламенту України. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text>.

Аліна Слюта

HELIANTHUS TUBEROSUS: ФІТОЦЕНОТИЧНА ПРИУРОЧЕНІСТЬ У М. ЧЕРНІГОВІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, 14013

Чернігів, Україна; E-mail: sliuta.alina@ukr.net

Ключові слова: *Helianthus tuberosus*, алелопатія, сировина, фітоценотична приуроченість

Вступ. На сьогоднішній день проблема інтегрованого захисту рослин, як комплексного застосування методів для довгострокового регулювання розвитку та поширення шкідливих організмів до невідчутного господарського рівня на основі прогнозу, економічних порогів шкодочинності, дії корисних організмів, енергозберігаючих та природоохоронних технологій, які забезпечують надійний захист рослин і екологічну рівновагу довкілля стає більш гострішою [2]. При комплексному вирішенні питань вирощування рослин і перероблення їх сировини з'являється можливість випустити високорентабельну лікувально-профілактичну продукцію і організувати додаткові робочі місця для непрацевлаштованого населення Чернігівського краю.

Матеріали та методи. Польові дослідження (геоботанічні описи) ділянок. Дослідження алелопатичних властивостей проводилося за допомогою тест-об'єктів: зразки ґрунтів де зростав *Helianthus tuberosus* та звичайний ґрунт; насіння польових бур'янів [латук компасний (*Lactuca serriola*), дика редька (*Raphanus raphanistrum*), хрінниця смердюча (*Lepidium ruderale* L.)]. Тест-ознаки: число пророслих рослин; довжина рослини на 7, 14 та 21 добу. Тест-функції: інтенсивність проростання насіння; схожість зразків; інтенсивність росту зразків. Стандартизовані умови: насіння (стан спокою) по 25 насінин, за якими спостерігали протягом 28 днів при тривалості світлового дня 12 годин, вологості 100%, температурі 18-20°C. Перший облік проводиться через 7 діб, другий – на 14 добу, третій на 21 добу.

Результати і обговорення. Враховуючи те що екологічний стан Чернігівської області погіршується, топінамбур, як сировина, надзвичайно актуальний і сьогодні. Але короткочасне споживання продуктів із топінамбура не забезпечить його захисного ефекту, тому він і продукти з нього повинні увійти в щоденну дієту населення, особливо дітей, вагітних жінок і людей похилого віку [1]. Найбільш унікальна особливість та перевага топінамбура над іншими рослинами – наявність в його складі інуліну, який в організмі при вживанні бульб перетворюється у легкозасвоюваний продукт – фруктозу. Важлива якість рослини – його здатність рости в практично будь-яких умовах. Топінамбур містить комплекс фруктанів, різні види пектину, сполуки з антиоксидантними властивостями, каротиноїди, целюлозу, макро- та мікроелементи, вітаміни, а також цінні метаболіти для обміну речовин при таких захворюваннях як туберкульоз, онкозахворювання та інші. Вирощування

топінамбуру відіграє значну роль у веденні землеробства, заснованого на екологічних принципах, з забезпеченням посівооборотів з обов'язковим включенням в їх структуру топінамбуру для зниження рівня зростання буряну.

Знання алелопатичної взаємодії рослин має не тільки загальнобіологічне, але й практичне значення. Так, одним з найважливіших наслідків алелопатії у рослинництві є необхідність чергування культур у сівозміні й неможливість монокультури. Надання можливих практичних рекомендацій щодо застосування алелопатичних властивостей рослин у сільському господарстві [3]. Дослідження алелопатичних особливостей *Helianthus tuberosus*, що допоможе вирішенню таких важливих завдань як відновлення і розведення та кращого урожаю рослин. Кожна рослина у природних чи штучних фітоценозах виступає водночас донором і акцептором біологічно активних речовин, тому характеризується двома алелопатичними якостями: активністю – здатністю утворювати й виділяти коліни, толерантністю – здатністю переносити свої власні коліни (ауто толерантність) або коліни інших видів.

Полюві дослідження проводились у місті Чернігові та його околицях, з метою пошуку перспективно-альтернативних джерел використання *Helianthus tuberosus* в межах території міста Чернігова та області, а саме: район Нафтобази, район магазину «Епіцентр», район обласної лікарні м.Чернігова, поблизу селища Астра та по вулиці Козацькій. Відбір матеріалів для дослідження проводили за загальноприйнятою методикою у п'ятикратній повторюваності. Геоботанічні дослідження досліджуваних ділянок представлені у таблиці 1.

Таблиця 1. Геоботанічні описи досліджуваних ділянок

№ опису	1	2	3	4	5
Площа, м ²	25	19	20	23	17
Загальне проективне покриття, %	95	80	75	90	85
<i>Acer negundo</i> L.	+	3		+	
<i>Achillea ptarmica</i> L.	1	1	5		1
<i>Anchusa officinalis</i> L.		10		5	+
<i>Artemisia absinthium</i> L.	2	1		5	2
<i>Artemisia scoparia</i> L.	5	3	2	2	
<i>Ballota nigra</i> L.		2	20		
<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	1				15
<i>Bromus</i> L.	60	10	6	20	20
<i>Centaurea stoebe</i> L.		+	2		2
<i>Chelidonium majus</i> L.	1		+	3	
<i>Chelidonium majus</i> L.	+				
<i>Chenopodium album</i> L.	15	14	10		15
<i>Dactylis glomerata</i> L.	2		3		1
<i>Echium vulgare</i> L.			4	20	
<i>Erigeron canadensis</i> L.	+	1	2		+
<i>Galium aparine</i> L.	5			1	3

<i>Helianthus tuberosus</i> L.	20	15	20	25	27
<i>Leontodon autumnalis</i> L.	2	2	3		2
<i>Linaria vulgaris</i> Mill.		+		5	
<i>Oenothera biennis</i> L.	2	2	+	+	
<i>Phytolacca americana</i> L.		2	5		+
<i>Plantago lanceolata</i> L.		5		1	
<i>Plantago major</i> L.			2		
<i>Poa annua</i> L.	40	3	15	5	
<i>Poa pratensis</i> L.		5		15	1
<i>Polygonum aviculare</i> L.				1	
<i>Polygonum convolvulus</i> L.		+			1
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	+	2		5	
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	+	5	2		+
<i>Setaria pumila</i>	5	10	5		1
<i>Setaria glauca</i> (L.) Beauv.		5	1	5	20
<i>Stenaktis annua</i> L.	1	7	15	10	+
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	3	2		1	
<i>Ulmus pumila</i> L.	+	1		2	
<i>Vicia cracca</i> L.	2		+	1	

В результаті проведеного лабораторного експерименту середня довжина проростків рослин насіння польових бур'янів [латук компасний (*Lactuca serriola*), дика редька (*Raphanus raphanistrum*), хрінниця смердюча (*Lepidium ruderae* L.)] у звичайному ґрунті коливалася в межах 1,2-1,7 см, у ґрунті, де раніше зростав топінамбур – від 0,9 до 1,3 см. Загальна кількість проростків бур'яну у звичайному ґрунті сягала – 103 проростки, у ґрунті, де раніше зростав топінамбур – 29 проростків. На 14 день експерименту середня довжина пророслих рослин у звичайному ґрунті сягала 5,04 см, кількість рослин, що загинули – 2; а у ґрунті, де раніше зростав топінамбур – 4,44 см, кількість рослин, що загинули – 5.

На 21 день експерименту середня довжина проростків рослин насіння польових бур'янів у звичайному ґрунті сягала 7,52 см, кількість рослин, що залишилася зростати – 101; а у ґрунті, де раніше зростав топінамбур – 5,6 см, кількість рослин, що залишилася зростати – 23. Усього було висаджено у різні досліджувані ґрунти по 150 насінин польових бур'янів, отже ефективність зростання насіння у звичайному ґрунті сягала 67%, а у ґрунті, де раніше зростав топінамбур – 15%.

Таким чином, алелопатія є одним із прикладів аменсалізму. Хімічні виділення є продуктами метаболізму – обміну речовин: ефірні олії, фітонциди, глікозиди, які часто називають колінами. Найчастіше алелопатія проявляється у конкурентному витісненні одного виду іншим [4]. В прижиттєвих виділеннях рослин містяться біологічно активні речовини, котрі є складовою частиною їх

алелопатичного потенціалу і відіграють важливу роль в утворенні ефекту алелопатичної послідовності.

Висновки. Основним питанням алелопатії є дослідження концентрації і хімічного складу колінів на всіх етапах кругообігу, фізіологічної активності рослин та алелопатичної ролі у фітоценозі. Дослідження алелопатичних особливостей рослин допомагає вирішенню таких важливих завдань: відновлення й розведення рослин, створення мішаних насаджень, визначення умов заготівлі рослин тощо. Для оптимального росту рослин потрібний певний вміст у ґрунті органічних речовин, а відтак і їх активної частини – колінів. Рослини повинні позитивно впливати один на одного. Чудово сусідять поруч з топінамбуром бобові (квасоля, горох), капуста, редис, ріпа, цибуля (всі види), баклажани, і ягідні кущі – смородина, агрус. Не варто висаджувати поряд з топінамбуром петрушку і селеру, небажано садити поруч картоплю і томати.

Вирощування топінамбура в межах міста Чернігова та області є рентабельним і екологічно вигідним з урахуванням всіх властивостей *Helianthus tuberosus*, а саме, бульби необхідно використати для виробництва напівфабрикатів, які стануть високоефективною сировиною для випуску лікарських засобів і продукції лікувально-профілактичного призначення, а зелену масу як біопаливо для виробництва альтернативної енергії, а це вже новий економічний і соціальний ефект.

Бібліографія

1. Мінарченко В.М. (2009). *Медицина ботаніка*. Підруч. для студентів вищ. мед. навч. закл. (МОНУ). Медицина.
2. Осипова І.Ю. (2000). *Алелопатичні особливості нових плодових культур*: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — Київ, 2000. — 19 с.
3. Хомич Г.П., & Капрельянц Л.В. (2013). *Фенольні сполуки дикорослих плодів та ягід: склад, властивості, зміни при переробці: монографія*. ПУЕТ.
4. Юрчак Л.Д. (2005). *Алелопатія в агробіоценозах ароматичних рослин*. К.: Фітосоціоцентр.

Олена Твердохліб¹, Галина Ткаченко², Руслана Волкова¹ МОРФОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ *VISCUM ALBUM L.*

¹Кафедра ботаніки Харківський національний педагогічний університет імені Г.С.Сковороди, Харків, Україна;

²Інститут біології, Поморський університет у Слупську, Польща
E-mail: evtverd@gmail.com, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

Ключові слова: *Viscum album L.*, облигатний напівпаразит, морфологія, плоди

Viscum album L. (омела біла) відома у південній Європі ще з часів Теофрасту (371-287 рр. до н. е.), а також про неї згадували інші дослідники, такі як Арістотель і Пліній (23-79 рр. н. е.) [2]. На сьогодні рід Омела (*Viscum*) включає близько 100 видів, більшість з яких ідентифіковані в Африці та на Мадагаскарі, менша кількість – у Південній Азії. Також відомо лише кілька видів з Європи, помірної Азії, Малайзії та східної Австралії. Омела містить ряд біологічно

активних речовин, серед яких найбільш активні є лектини та віскотоксини, що відіграють важливу роль у лікуванні раку завдяки своїм апоптотичним і цитотоксичним ефектам [5]. Доклінічні дослідження продемонстрували цитотоксичну, індукуючу та імуномодулюючу дію лектинів і віскотоксинів. Інша група сполук, знайдених в омелі, це фенольні кислоти, фенілпропаноїди і флавоноїди, які мають антиоксидантну та протизапальну дію та знижують артеріальний тиск [6]. Інші складові омели включають тритерпени з цитотоксичними та апоптотичними властивостями, фітостероли, оліго- та полісахариди [5], а також аміноалкалоїди 4,5,4'-тригідрокси-3,3'-імінодібензойної кислоти та 4,5,4',5'-тетрагідрокси-3,3'-імінодібензойної кислоти [1].

Метою наших досліджень було проаналізувати морфолого-біологічні особливості *V. album* L. Робота проводилась в межах проекту «Оцінка фітохімічного профілю та терапевтичного потенціалу омели білої (*Viscum album* L.)».

Морфолого-біологічні особливості екзофіта були досліджені на омелі білій, зразки якої були зібрані з *Fraxinus excelsior* L., що зростає на території приватного сектору міста Харкова. Морфологічні дослідження проводили використовуючи стереоскопічний мікроскоп (бінокляр) Optika Stereo, фотографування об'єктів здійснювали з використанням цифрової камери Sony A5. Вік визначали підрахунком кількості утворених міжвузлів на стеблі при цьому додавши 3-4 роки на проростання екзофіта. Нами встановлено, що досліджуваний екземпляр мав вік 10 (\pm 2) років.

Омела біла належить до родини Santalaceae (APG IV) порядку Santalales, раніше Viscaceae, Loranthaceae. *V. album* дерев'янистий вічнозелений облигатний напівпаразит дерев. Екзофітна частина представляє собою кулястий кущ, що галузиться до 2 м у діаметрі. Стебло дерев'янисте, членисте, голе, зелене або в нижній частині коричнеувато-зелене, багаторазово дихотомічно розгалужене. Ендофітна частина омели білої має розвинуту гаусторіальну систему, що поглинає воду та поживні речовини із ксилеми рослини-господаря [9]. Листки шкірясті (через наявність воскової кутикули), голі або шорсткі сидячі без прилистків, супротивні, рідше мутовчасті, жовтувато-зелені (залежить від рослини-господаря), 2,0–8,0 \times 0,5–2,0 см від ланцетних до вузькооберненояйцеподібних, заокруглені на верхівці, звужені біля основи, цілокраї, з 3–7 паралельними жилками які з'єднані між собою дифузними сітчастими венулами.

Квітне *V. album* щорічно, починаючи з 5-6 річного віку. Рослина дводомна, тичинкові й маточкові квітки утворюються на окремих рослинах, що унеможливує самозапилення. Суцвіття непоказне, квітки жовтувато-зеленого кольору, зібрані по 5–6 у головчастій суцвітті, які розташовуються в розвилках стебла та на кінцях гілок. Квітки актиноморфні, епігенні з простою віночковидною оцвітиною, що утворена чотирма листочками. Тичинкові квітки

запахні, мають чотири листочки оцвітини, розташовані в два кола, на кожному листочку оцвітини міститься 6–20 прилеглих пилкових камер. Маточкові квітки менш запахні, з чотирма невеликими пелюстками з округлою сидячою приймочкою, геніцей ценокарпний з двох плодолистиків та одним насінневим зачатком. Нектарники утворюють кільце між листочками оцвітини і приймочкою. Цвіте *V. album* в березні–квітні.

Плід – однонасінна ягода (рис 1), дозріває взимку, колір змінюється із зеленого на білий, або жовтуватий. Навесні ще можна спостерігати дозрілі плоди одночасно з розвитком квіток. На вершині ягоди добре помітні, великі круглі рубці (близько 1 см), які залишаються на місці приймочки та чотирьох листочків оцвітини. У більшості рослин оплодень і насіння є незалежними морфологічними одиницями, проте у *Viscum* насіннева шкірка не утворюється, оскільки покриви відсутні. Зовнішній шар ендосперму об'єднується з внутрішнім шаром стінки оплодня.

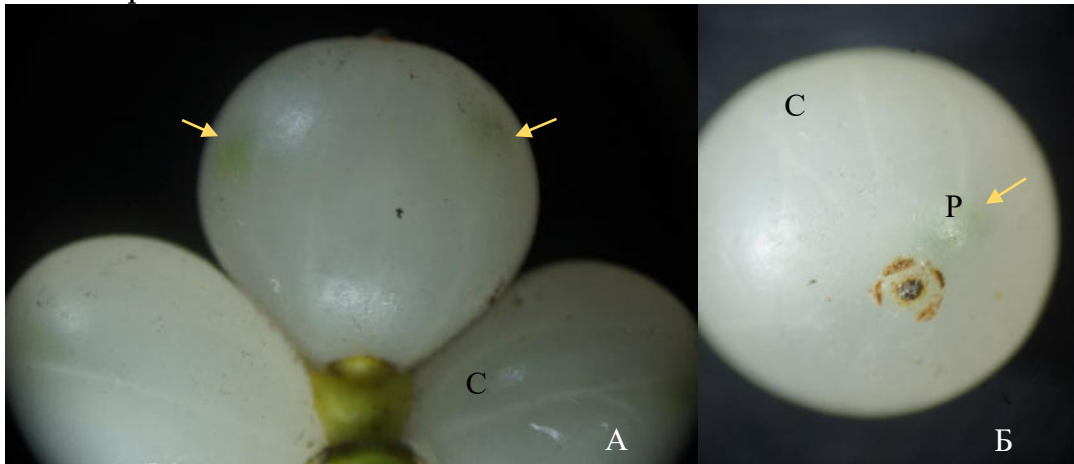


Рис. 1. Однонасінна ягода *V. album* L. Стрілочками вказано корінець – гіпокотиль (первинна гаустрія): А – з двома корінцями, Б – з одним корінцем; Р – рубці від приймочки та чотирьох листочків оцвітини; С – судини екзокарпію.

Фото ©Tverdokhlib O.

Оплодень тришаровий: екзокарпій (зовнішній шар) – це міцний мембранний білий шар із судинними пучками (див. рис. 1.) Цей шар легко відокремити від мезокарпію (середнього шару) (рис. 2), який є прозорим липким, слизьким, що становить основну частину стінки оплодня. Внутрішній шар (ендокарпій) дуже тонкий, міцний, білий об'єднаний із насінням. У цьому шарі також розташовані судинні пучки. Клейку речовину середнього шару називають вісциновою тканиною або вісцином. Він складається з двох типів клітин: довгих дегенерованих з внутрішньою спіралізованою стінкою, що містять целюлозу з пектинами та контактують з ендокарпієм; та сильно вакуолізованими глобулярними клітинами, що оточені полісахаридним матеріалом і знаходяться біля екзокарпію.

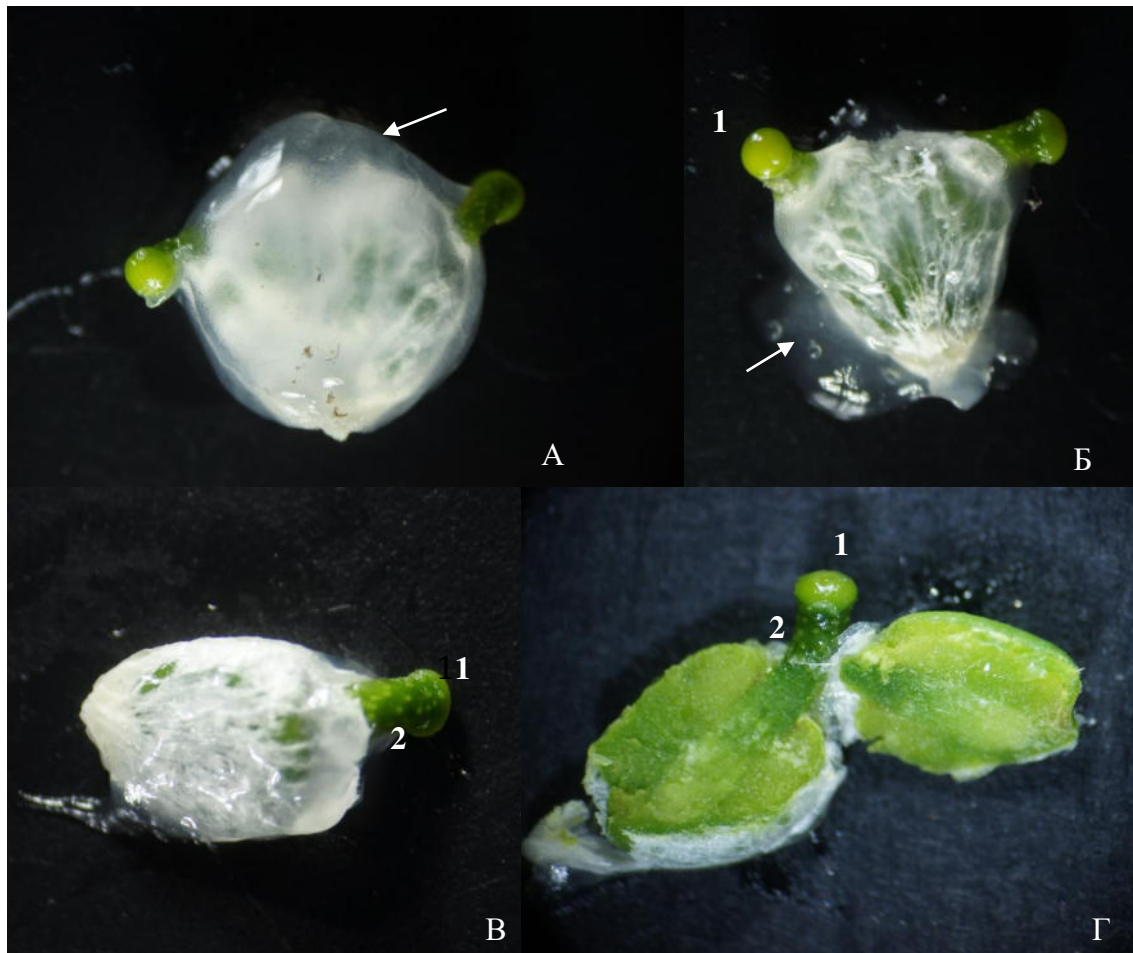


Рис. 2. Насінина *V. album* L. А-Б – подвійний корінець-гіпокотиль (первинна гаусторія), В-Г – одинарний корінець-гіпокотиль. Стрілочкою вказано мезокарпій плоду.
1 – адгезивний диск, 2 – первинна гаусторія.
Фото ©Tverdokhlib O.

Насіння часто містить зародок з двома корінцями-гіпокотиллями, за нашими даними 39% ($n = 153$) плодів містили зародок з двома первинними гаусторіями. Весь ембріон, а також ендосперм мають яскраво-зелене забарвлення через наявність хлорофілу та здатні виконувати фотосинтез (рис. 2Г) Під час проростання первинна гаусторія при контакті з поверхнею господаря розширюється та сплющується, утворюючи фіксатор (адгезивний диск) (див. рис. 2). Коли виникає контакт із господарем, зовнішні клітини адгезивного диску функціонують як залозисті клітини і виділяють ліпідну сполуку. Корінець-гіпокотиль приклеює адгезивний диск до поверхні стебла рослини господаря. Усередині первинної гаусторії розвивається точка росту (меристема) шляхом поділу клітин меристеми утворюється так званий інтрузивний орган, який проникає в тканину господаря. Інтрузивний орган проникає через кілька клітинних шарів. Кінчик інтрузивного органу має клиноподібну форму, і проникає в господаря частково шляхом ферментативного розчинення пектинової середньої пластинки між клітинами господаря та частково шляхом стискання клітин рослини. Це можливо, оскільки гідростатичний тиск у

клітинах паразитів завжди більший, ніж у клітинах рослини господаря. Коли інтрузивний орган досягає ксилеми деревини хазяїна, такий же тип судин утворюється в інтрузивному органі. Таким чином між господарем і стеблом омели утворюється ксилемний міст, і вода разом з поживними речовинами вільно надходить від господаря до паразита. Крім того, інтрузивний орган розгалужується в живій частині кори за межами флоєми. Ці розгалуження називаються кіркові тяжі, які виростають у ксилему рослини-хазяїна.

Сім'ядолі втрачають поживні речовини і швидко атрофуються після прикріплення до стебла. Але потрібно мінімум два, а зазвичай три роки, перш ніж ендofіт розвинеться настільки добре, що перша пара листя розвинеться або з зародкового стебла, або з ендofіта. Відповідно до Weber [10], сім'ядолі гинуть незабаром після проникнення в хазяїна, а екзофіт розвивається з калюсоподібних виростів, що прориваються через кору господаря з ендofіта.

Особливості морфологічної будови плодів омели білої тісно пов'язано з фізіологічними процесами, а саме клітинного дихання. Науковці з'ясували, що клітинне дихання відбувається за унікальними шляхами у *V. album* і споріднених видів роду *Viscum*. Спочатку повідомлялося, що кілька генів відсутні в мітохондріальних геномах видів *Viscum*, які кодують субодиниці NADH дегідрогеназного комплексу (Комплекс I) дихального ланцюга [8]. Пізніше було показано, що весь комплекс ферментів, який складається з близько 50 білкових субодиниць рослин [3] відсутній в альбуміні [7].

В даний час види омели є єдиними прикладами багатоклітинних організмів, які можуть здійснювати клітинне дихання при відсутності комплексу I. Щоб компенсувати дефіцит комплексу I, дихальний ланцюг *V. album* ретельно змінений: присутні численні альтернативні дихальні ферменти та два з «класичних» комплексів дихального ланцюга, комплекси III і IV, утворюють особливо стабільний суперкомплекс, який був запропонований сприяти ефективному транспорту електронів у кінцевій половині дихального ланцюга переносу електронів. Проте здатність синтезувати мітохондріальний АТФ у *V. album* вважається обмеженою [4].

Характерною особливістю омели білої є те, що вона має добре розвинутий асимілюючий апарат у вигляді зелених стебел та шкірястих листків, які продовжують фотосинтез і в зимовий період, синтезують органічну речовину. Будова квітів спрощена, отже не витрачаються ресурси на створення привабливих оцвітини, дводомність унеможливорює самозапилення, що дає можливість підтримання високої гетерогенності популяції. Плоди досягають повільно, мають спрощену будову та специфічну речовину вісцин, яка допомагає в розповсюдженні плодів та проростанні насінні на рослині господарі. Насіння має спеціалізоване утворення – корінець-гіпокотиль (первинна гаусторія). Саме завдяки первинній гаусторії омела проростає через кору рослини-господаря і проникає в ксилему утворюючи місток ксилема-ксилема. Допоки первинна гаусторія росте, органічними речовинами її

забезпечують фотосинтезуючі сім'ядолі, які згодом відмирають. *V. album* єдиний приклад багатоклітинного організму, який може здійснювати клітинне дихання при відсутності комплексу I, тому її метаболізм більшою мірою залежить від енергетичних сполук, що надаються деревами-господарями.

Бібліографія

1. Amer, B., Juvik, O.J., Francis, G.W., & Fossen, T. (2013). Novel GHB-derived natural products from European mistletoe (*Viscum album*). *Pharmaceutical Biology*, 51(8), 981–986. <https://doi.org/10.3109/13880209.2013.773520>.
2. Janssen, T. (2001). Zur Gemeinen Mistel (*Viscum album* L.). *Forst und Holz*, 56, 215-219.
3. Klusch, N., Senkler, J., Yildiz, Ö., Kühlbrandt, W., & Braun, H.P. (2021). A ferredoxin bridge connects the two arms of plant mitochondrial complex I. *The Plant Cell*, 33(6), 2072–2091. <https://doi.org/10.1093/plcell/koab092>.
4. Schröder, L., Hegemann, J., Pille, P., & Braun, H.P. (2022). The photosynthesis apparatus of European mistletoe (*Viscum album*). *Plant Physiology*, 190(3), 1896–1914. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiac377>.
5. Nazaruk, J., & Orlikowski, P. (2016). Phytochemical profile and therapeutic potential of *Viscum album* L. *Natural Product Research*, 30(4), 373–385. <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1022776>.
6. Nicoletti M. (2023). The Anti-Inflammatory Activity of *Viscum album*. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12(7), 1460. <https://doi.org/10.3390/plants12071460>.
7. Schröder, L., Hohnjec, N., Senkler, M., Senkler, J., Küster, H., & Braun, H. P. (2022). The gene space of European mistletoe (*Viscum album*). *The Plant journal: for cell and molecular biology*, 109(1), 278–294. <https://doi.org/10.1111/tpj.15558>.
8. Skippington, E., Barkman, T.J., Rice, D.W., & Palmer, J.D. (2017). Comparative mitogenomics indicates respiratory competence in parasitic *Viscum* despite loss of complex I and extreme sequence divergence, and reveals horizontal gene transfer and remarkable variation in genome size. *BMC Plant Biology*, 17(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-0992-8>.
9. Thomas, P.A., Dering, M., Giertych, M.J., Iszkuło, G., Tomaszewski, D., & Briggs, J. (2023). Biological Flora of Britain and Ireland: *Viscum album*. *Journal of Ecology*, 111, 701–739. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14036>.
10. Weber H.C. (1993). Untersuchungen zur Entwicklungsweise der Laubholzmistel *Viscum album* L. (Viscaceae) und über Zuwachsraten während ihrer ersten Stadien. *Beitr. Biol. Pflanzen*, 67, 319-331.

Ірина Шиндановіна

УНІКАЛЬНИЙ ЛОКАЛІТЕТ ДЕСМІДІЄВИХ НА ЧЕРНІГІВСЬКОМУ ПОЛІССІ – ПЕРСПЕКТИВНИЙ ЗАПОВІДНИЙ ОБ'ЄКТ ДЛЯ ОЗДОРОВЛЕННЯ ЛІСОВО-БОЛОТНИХ ЕКОСИСТЕМ

Національний університет "Чернігівський колегіум" імені Т.Г. Шевченка,
вул. Гетьмана Полуботка, 53, м. Чернігів, 14013, Україна

E-mail: i.shindanovina@gmail.com

Ключові слова: десмідієві водорості, Чернігівське Полісся, кар'єрні водойми

У кар'єрній водоймі, яку умовно ми називаємо Заводське-2, (невелика кар'єрна водойма (площа 8000 м², координати 51°57'45'' пн.ш., 31°11'18'' сх.д.) розташована на відстані 300–400 метрів у піднено-східному напрямку від села Заводське, Ріпкінського району, Чернігівської області мною виявлений новий

для флори України вид десмідієвих водоростей *Cosmarium gibberulum* Lütkemüller 1910 (Zygnematorphyceae, Streptophyta). Розміри знайденої клітини *C. gibberulum* (див. рис. 1): 30,4 мкм завдовжки, 25,1 мкм завширшки, 16,2 мкм завтовшки, перешийок 9,1 мкм. Україна є четвертою країною у Європі після Німеччини, Австрії та Чехії де знайдено цей дуже рідкісний таксон, згідно з даними *AlgaeBase* станом на 10-05-2024 [2].

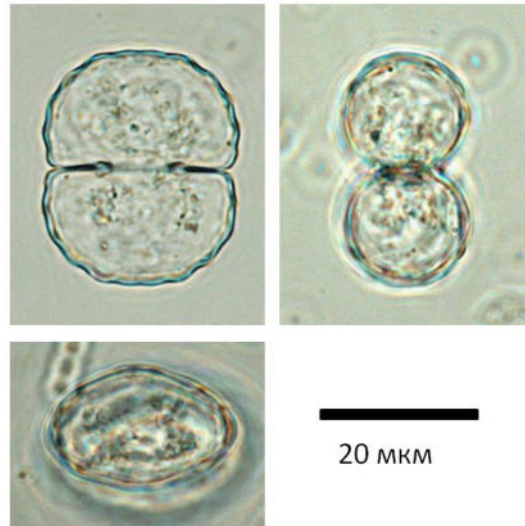


Рис. 1. Мікрофотографії *Cosmarium gibberulum* Lütkemüller 1910 (фото Шиндановіної І.П.)

Також в цій водоймі був знайдений *Cosmarium obsoletum* (Hantzsch) Reinsch 1867 (див. рис. 2). Хоча присутність цього виду відмічена для 19 країн Європи, включаючи Україну (*AlgaeBase* станом на 10-05-2024) (M.D. Guiry 2004, пошук 2024-05-10), але *Cosmarium obsoletum* (Hantzsch) Reinsch 1867 вважається рідкісним [1, 4] видом оліго-мезотрофних водойм. Мною він знайдений лише в одній водоймі (Заводське 2) і вперше для північної частини Чернігівського Полісся. Загалом для Заводського 2 виявлено більше 30 таксонів десмідієвих водоростей.

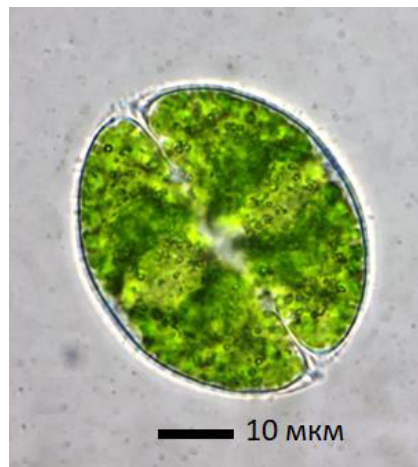


Рис. 2. Мікрофотографії *Cosmarium obsoletum* (Hantzsch) Reinsch 1867 (фото Шиндановіної І.П.)

Альгологічні проби відібрані у липні 2021, температура води 25°C, рН – 7.5; ЕС - 34–36 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Водойма Заводське 2 (див. рис. 3) являє собою 60-річний кар'єр кварцового піску на початковому етапі розробки, який з часом заповнився джерельною водою. Він знаходиться в безпосередній близькості (7-10 метрів) від кар'єрної водойми Заводське в якій нами було виявлено 3 нових для України і рідкісних для Європи таксони десмідієвих водоростей [3]. Загалом для водойми Заводське було виявлено більше 40 таксонів десмідієвих водоростей.

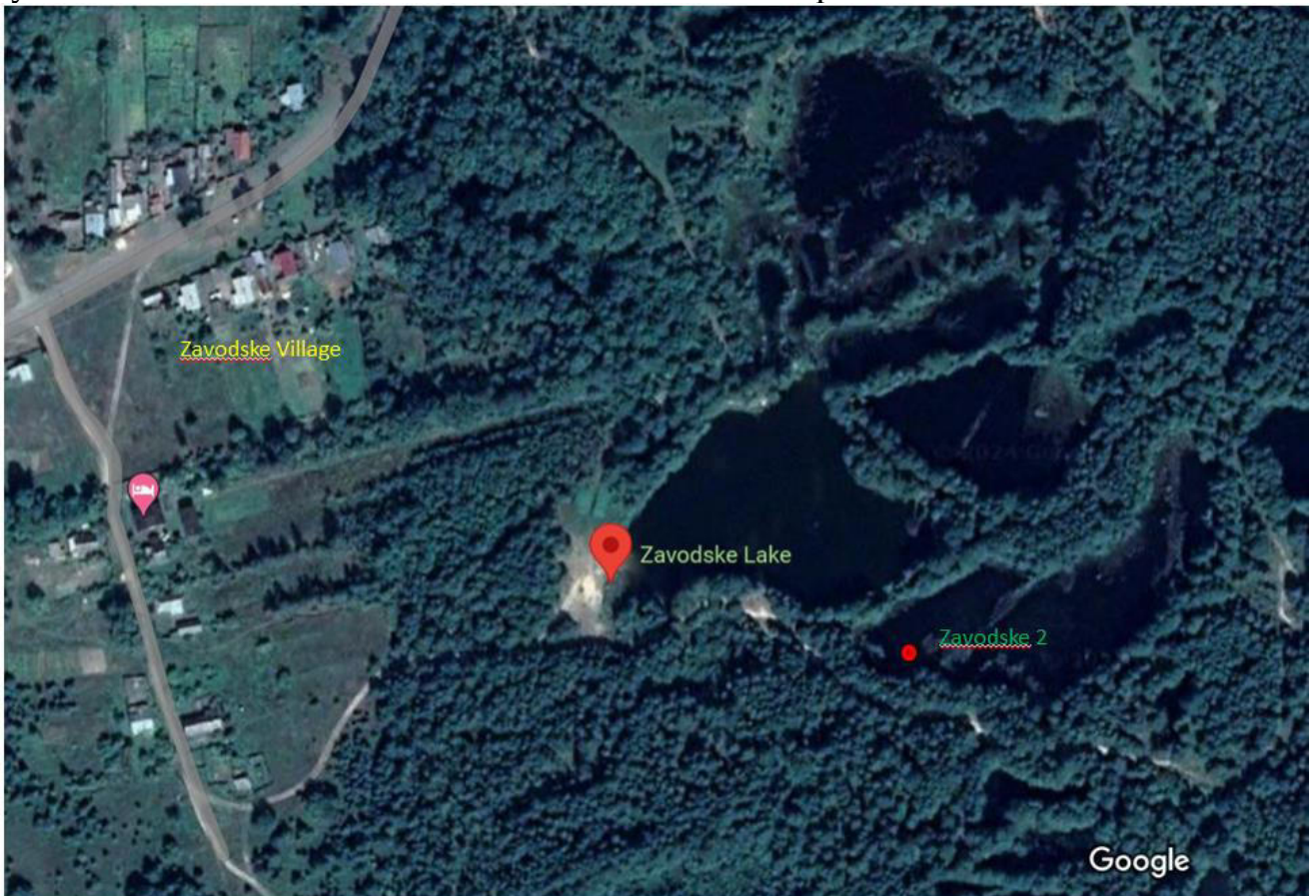


Рис. 3. Мапа розташування кар'єрних водойм Заводське та Заводське 2 (за Картами Google)

Дані кар'єрні водойми є екотопами в яких число виявлених видів і частка з них раритетних видів десмідієвих водоростей є надзвичайними і заслуговують на першочергову охорону. Унікальність цих водойм полягає в тому, що вони відмінні за складом рідкісних таксонів, незважаючи на безпосередню близькість їх розташування.

В Україні основи науки про охорону водоростей (альгосозології) були розроблені доктором біологічних наук Кондратьєвою Н.В. [5], вона підкреслювала необхідність накопичення первинної інформації про раритетні види з метою створення альгорезерватів та проведення в їх межах моніторингових досліджень, а також створення відповідних пошуково-інформаційних систем, що включають раніше накопичену та нову інформацію [5].

Я маю на меті підготувати наукове обґрунтування створення ботанічного заповідного об'єкту: пам'ятки природи місцевого значення ботанічної "Альгорезерват "Десмідієве багатство".

Бібліографія

1. Coesel, P.F.M., & Meesters, K.J. (2007). *Desmids of the Lowlands Mesotaeniaceae and Desmidaceae of the European Lowlands*. KNNV Publishing, Zeist.
2. Guiry, M.D., in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (23 September 2004). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>
3. Shyndanovina, I., Lukash O. (2023). New European locality of three rare taxa (Zygnematophyceae, Streptophyta): *Cosmarium pseudoprotuberans* var. *sulcatum* (Nordstedt) Coesel, *Gonatozygon aculeatum* W.N.Hastings and *Pleurotaenium simplicissimum* Grönblad. *Ecological Questions*, 34(4), 119–126. <http://dx.doi.org/10.12775/EQ.2023.047>.
4. Šťastný J. (2010). Desmids (Conjugatophyceae, Viridiplantae) from the Czech Republic; new and rare taxa, distribution, ecology. *Fottea*, 10(1), 1–74. <https://doi.org/10.5507/fot.2010.001>.
5. Кондратьева, Н.В., Царенко, П.М. (Отв. ред.). (2008). *Основы альгосозологии*. Академперіодика.
6. Паламар-Мордвинцева, Г.М. (2005). *Флора водоростей континентальних водойм України: Десмідієві водорості* (Вип. 1, ч. 2). Академперіодика.

Олександр Яковенко

РОЗШИРЕННЯ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОЇ МЕРЕЖІ ЛЕСОВИХ «ОСТРОВІВ» ЧЕРНІГІВСЬКОГО ПОЛІССЯ ТА ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ ЯК ШЛЯХ ДО ЗБЕРЕЖЕННЯ ЇХ ЕКОСИСТЕМ

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, Чернігів,
Україна; E-mail: ajakov2@gmail.com

Ключові слова: рослинність, природно-заповідні території, лесові «острови», Чернігівське Полісся

Вступ. Найефективнішим засобом охорони видів тваринного і рослинного світу, унікальних та типових природних комплексів є розширення та підвищення репрезентативності мережі природно-заповідного фонду. Створення заповідних територій забезпечує реалізацію заходів профілактики та захисту природних комплексів від правопорушень, запобігає виникненню надзвичайних ситуацій тощо [1, 2].

Особливістю ландшафтів Чернігівського Полісся є те, що вони в тій чи іншій мірі є антропогенно змінені [3]. На тлі Чернігівського Полісся території лесових «островів» більш трансформовані та вирізняються значною сільськогосподарською освоєністю і невеликими площами лісів. Тому ці території потребують дбайливого ставлення та охорони. Ця діяльність має бути спрямована на підтримку екологічної рівноваги, збереження всієї специфіки та різноманітності компонентів і ландшафтів [4].

Матеріали і методи. Ландшафтні комплекси лесових «островів» в Чернігівському Поліссі трапляються фрагментарно. Рослинність цих територій здавна знаходиться під значним антропогенно-господарським навантаженням.

Цінність рослинності лесових «островів» зумовлюють залишки природної рослинності, насамперед лісів та угруповання вільноплаваючої рослинності.

Матеріали для роботи були зібрані під час польових досліджень лесових «островів» Чернігівського Полісся. У роботі використані польові (рекогносцирувальний, маршрутний, геоботанічних описів) та камеральні.

Результати і обговорення. На територіях лесових «островів» Чернігівського Полісся вже є низка природно-заповідних територій. Це переважно ділянки лісових масивів. Вони відносяться до п'яти категорій: гідрологічні заказники, ботанічні пам'ятки природи, ботанічні заказники, заповідні урочища і парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва. Всі місцевого значення. Загальна площа природно-заповідних територій, становить лише 1% від загальною площі лесових «островів». Найбільший відсоток заповідності відповідає найбільшому лесовому «острову» - Березнянсько-Менсько-Сосницький [4], Це пов'язано зі ступенем представленості природної рослинності на лесових «островах».

Перспективними для заповідання в межах лесових «островів» Чернігівського Полісся є землі водного фонду (водно-болотні угіддя, що не використовуються інтенсивно у сільському господарстві, заплави малих річок.

В результаті дослідження лесових «островів» і суміжних з ними територій ми запропонували розширення існуючої природно-заповідної мережі Чернігівської області. Було обґрунтовано створення трьох ландшафтних заказників місцевого значення: «Потаманський» (47,7 га, Корюківський район, Сосницька селищна рада, рішення Чернігівської обласної ради від 26 січня 2021 року № 30-2/VIII), «Лопата» (92,0 га, Менської територіальної громади, рішення Чернігівської обласної ради від 22 жовтня 2021 року № 11-6/VIII) і «Седнівський» (320,0 га, Седнівської територіальної громади, рішення Чернігівської обласної ради від 16 вересня 2022 року № 35-11/VIII).

Ландшафтний заказник місцевого значення «Лопата» розташований в межах Менської територіальної громади. Площа складає 92 га (з них – 82 га землі комунальної власності територіальної громади). Територія заказника «Лопата» репрезентує заплавної тип ландшафтів і має давню історію формування та розвитку, пов'язану з утворенням долини річки Десна. Лучна рослинність займає на території заказника переважаючу частину площі. Луки представлені переважно справжніми луками, які зосереджені на плескатих підвищених ділянках та болотистими луками в зниженнях. В межах території заказника зустрічаються повсюдно види занесені до Червоної книги України - *Iris sibirica* L. і *Anacamptis palustris* (Jacq.) R.M. Bateman, Pridgeon et M.W. Chase (*Orchis palustris* Jacq.).

Ландшафтний заказник місцевого значення «Потаманський» розташований в межах селища Сосниця. Площа складає 47,7 га - це землі комунальної власності Сосницької територіальної громади. Територія заказника «Потаманський» репрезентує заплавної тип ландшафтів долини річки Убідь.

Характер рельєфу наклав відбиток на різноманітність рослинного покриву. Плескати підвищення, вкриті лучною рослинністю з переважанням справжніх лук, чергуються із зниженнями, зайнятими заболоченими луками. Русло та стариці зайняті водною та прибережно-водною рослинністю. Лісові ділянки трапляються окремими острівцями або поширені фрагментарно вздовж проток. Представлені масивами з переважанням здебільшого вільшняків та березовими і осиковими лісами.

Ландшафтний заказник місцевого значення «Седнівський» розташований в межах Седнівської територіальної громади. Площа складає 360 га. Територія заказника репрезентує заплавної тип ландшафтів долини річки Снов. На території проєктованого заказника наявні такі типи заплавної рослинності: водна, повітряно-водна, лучна, болотна та фрагменти заплавної лісів. Надзвичайно велике значення має територія проєктованого заказника для птахів. Перелітні птахи на шляху своєї міграції використовують цю територію як місце відпочинку та годівлі.

Висновки. Території лесових «островів» Чернігівського Полісся знаходяться під значним антропогенним впливом. Саме тому їх екосистеми з залишками природної рослинності потребують охорони. В результаті дослідження лесових «островів» і суміжних з ними територій ми запропонували розширення існуючої природно-заповідної мережі і обґрунтували створення трьох ландшафтних заказників місцевого значення. Функціонування ландшафтних заказників місцевого значення «Лопата», «Седнівський» і «Потаманський» забезпечать збереження та відновлення ландшафтних комплексів заплави річки Десна, частини заплави річки Снов та заплави річки Убідь, популяцій рідкісних видів флори та фауни, цінних природних ландшафтів луків і лісів корінних заплав, що сприятиме охороні вод, покращить рекреаційні характеристики.

Бібліографія

1. On the Program of Prospective Development of Protected Areas in Ukraine, Resolution of the Verkhovna Rada of Ukraine No. 177/94-VR (1994) (Ukraine). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/177/94-vr#Text>
2. Про природно-заповідний фонд України. (б. д.). Офіційний вебпортал парламенту України. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text>
3. Сорокина, Л.Ю. (2013). Оценка антропогенной трансформированности ландшафтов трансграничного полесского региона. *Український географічний журнал*, 3, 25-33. <https://doi.org/10.15407/ugz2013.03.025>.
4. Яковенко, О.І. (2022). Мережа природно-заповідних територій лесових «островів» Чернігівського Полісся: стан та перспективи розширення. *Екологія. Довкілля. Енергозбереження: збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції, 1–2 грудня 2022 р., Полтава, Україна*. С. 84-85.

Aliya Abitay, Gaykhar Baitasheva, Elmira Imanova

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN INTENSIVE DISTRIBUTION TO SOLVE ENVIRONMENTAL PROBLEMS

*Kazakh National Women's Teacher Training University, Institute of Natural Sciences,
Almaty, Kazakhstan*

E-mail: abitay.96@mail.ru baytasheva.gauhar@qyzpu.edu.kz, imanova.elmira@qyzpu.edu.kz

Keywords: *technology, light culture, hydroponics, substrates, vegetables*

Introduction. The development of the electronics and lighting industry, which has made it possible to create energy-efficient light sources and to control and regulate growing conditions, has opened up new horizons for the introduction of the technology of intensive light culture. The analysis of the efficiency of various methods of growing plants by means of artificial radiation shows that the highest productivity per square metre of the usable area of a growing facility can be achieved precisely by the agrotechnologies of intensive light culture, which allow to organise the environmentally friendly year-round production of plant products directly at the places of their consumption. The use of such technological systems, independent of climatic conditions, allows the population to organise the off-season cultivation of a wide range of plant products, including those from the southern regions - special varieties of tomatoes and cucumbers, southern herbs, etc., as well as the cultivation of value-added products, for example, under the brand of environmentally friendly products, organic products.

The use of intensive light cultivation technologies for off-season (or year-round) cultivation of a variety of vegetable products in special cultivation facilities located in regions with extreme natural conditions or unfavourable environmental conditions is currently an almost non-existent opportunity to provide the population of these regions with high-quality fresh vegetables in quantities meeting medical consumption standards. The prospects of organising the production of vegetable products using the technology of intensive light culture directly in the places of residence of the population are determined by the high nutritional advantages of the grown vegetables: in terms of the content of substances valuable for human nutrition, they are practically not inferior to vegetables grown in the southern regions, differing in the complete absence of contamination with pesticides, heavy metals and other substances harmful to health. The main criteria for the successful application of the developed technologies of intensive light cultivation are the economic efficiency and environmental friendliness of the products of vegetable production. Economic efficiency in agrotechnologies of intensive light culture is provided by a high degree of rationalisation of the energy-saving light environment of plant growth, the most expensive component of light culture technology, and a rational hydroponic plant growing system [1].

The environmental friendliness of the technologies of intensive light culture is determined by the effective solution of the problem of industrial waste disposal and

the level of protection of cultivated plants from mass mortality due to diseases. Elimination of labour-intensive agrotechnical work and the need to use highly qualified personnel for the maintenance of vegetation equipment is an additional advantage of the developed technologies of intensive light culture [2]. This article presents the results of the development of matrix technologies aimed at effectively solving the environmental problems associated with the need to dispose of large quantities of industrial waste.

Materials and Methods. The development of matrix technologies for the light culture of green crops, cucumber and tomato plants was carried out using vegetation lighting installations (VLI) with a useful area of 3.0x1.0 m², whose light blocks consisted of two vertically movable lamps with a power of 0.6 kW (DNaT, DRI, DNaZ, DRIZ or a combination of them), installed power of 0.4 kW/m². The duration of the light interval is 16 hours, the temperature conditions are 22...24 °C during the day and 18...20 °C at night. Green crops, cucumber and tomato plants were grown in standard plastic containers with a volume of 0.15 and 0.3 litres respectively. For plant growth, the containers were placed in racks mounted on VLI pallets (1.0x1.0x0.1 m³). A thin-layer non-reversible plant nutrition system, consisting of a low-power pump and tank, is used to deliver the nutrient solution to the pallet with a solution and a sensor that regulates the level of the solution in the tray in which the containers with plants are placed. When the pump is turned on, the solution is pumped into the tray to a level of 1.5 ... 2.0 cm. When this level is reached, the pump is switched off until the solution level drops to 0.5 cm, at which point the cycle is repeated.

The frequency and amount of watering is automatically adjusted according to the size of the plants, the temperature and humidity of the environment. Maintaining a thin layer of nutrient solution with a large surface area in contact with the air ensures good aeration conditions. In containers, an oxygenated nutrient solution is introduced directly into the substrate via a flat wick, the ends of which are immersed in the nutrient solution at the bottom of the growing tray. When wetted, the wick's contiguous tissues, consisting of two freely adjacent layers of synthetic fabric, form a flat capillary that ensures that the nutrient solution is lifted into the containers containing the seedlings [3]. The nutrient solution used for plant nutrition is Knopa or other nutrient solutions, the composition of which takes into account the specific needs of the cultivated plants. Organo-mineral substrates with a near-optimal ratio of air, water and solid phases are used as root-habitable medium - agrofit standard, agrofit modernised, riding peat or cocovite [4].

The spent soil can be used as fertiliser or to improve natural soils. In matrix light culture technologies, the pallets on the APU rack are covered with a light-tight plastic sheet, which prevents algae from growing in the root zone. Holes (matrix) are cut into the plastic sheet to accommodate containers with plants, the number and size of which is determined by the type of plants grown: for tomatoes and cucumbers - 8...10 holes per 1 m² located along the perimeter of the sheet, for lettuces - up to 100 holes per 1 m². The position of the plastic sheet with the matrix holes cut out in relation to

the bottom of the tray is fixed by a U-shaped substrate made of any material inert to the action of a nutrient solution (plastic, foam rubber, etc.) and ensures the free spread of the root system of the cultivated plants throughout the volume of the tray. The distance of the substrate from the bottom of the pallet is 5 cm for cucumber plants and 3 cm for green plants.

Experimental growing of tomato plants has shown that the best results are obtained when plants with a developed root system are grown in standard 0.3 litre plastic containers with the bottom removed. This allows the plants to spread their root system freely over the pallet surface and provides better conditions for nutrient uptake.

Table 1 shows the results of a study on the dependence of the productivity of indoor plants on the area of the substrate in a container in contact with a flat wick made of double nylon fabric.

Table 1. Productivity of tomato plants as a function of the area of root habitat in contact with a flat wick of double nylon fabric. The substrate is cocovite. Tomato plants of the variety

Option	Number of fruits, pcs	Total productivity, g	The average weight of the fetus, g
Standard 250 ml containers (8 plants)	105	3458	34,8
Standard 250 ml containers with a removed bottom (8 plants)	121	4271	44,7

Table 2. The productivity of matrix technologies in the cultivation of tomatoes, cucumbers and green crops

Name of the culture	Vegetation period, day	Overall productivity, kg/m ²	Average productivity, kg/plant	Electricity costs energy, kW/kg
Tomatoes "Kaz"	71	10,4	0,7	42
Cucumbers "Yuz"	68	13,5	1,5	37
Salad "Azat"	29	7,9	0,09	29
Salad "Apta"	33	6,6	0,03	25
Parsley "Magnate"	48	4,3	–	66
Dill "Maxi"	45	3,7	–	72

Matrix technologies are well suited to year-round cultivation in diverse environments, including regions with harsh natural conditions or unfavourable environmental conditions, such as Kazakhstan. They also offer economic opportunities beyond food production, with potential applications in the pharmaceutical and perfume industries, as well as in small-scale settings such as kindergartens, hospitals, schools and private homes. Importantly, these advanced technologies can be fully implemented using locally sourced components and materials, making them both technically feasible and economically viable for a wide range of agricultural and industrial purposes.

Conclusions. The application of the developed technologies of matrix-intensive light culture for the production of vegetable products ensures the realisation of the biological potential of cultivated plants and yields approaching their potential productivity. In regulated conditions, thanks to the possibility of controlling light, heat and nutrient regimes, as well as humidity conditions, it is possible to grow products with specific quality indicators, aimed at different groups of the population according to their physiological needs, i.e. functional foods. Vegetable products grown using these technologies are of high quality – there is no contamination with toxic substances. The nitrate content in them does not exceed acceptable levels if the technology is followed.

References

1. Avgoustaki, D.D., & Xydis, G. (2020). How energy innovation in indoor vertical farming can improve food security, sustainability, and food safety?. *Advances in Food Security and Sustainability*, 5, 1–51. <https://doi.org/10.1016/bs.af2s.2020.08.002>.
2. Нерсиян, А.Г., & Шамилов, А.С. (2021). Международный год охраны здоровья растений–2020 (Здоровье растений как глобальная цель). *Фитосанитария. Карантин растений*, 1(1), 2-5.
3. Жаппарова, А.А., Туребаева, С.Д., & Сыдык, Д.А. (2021). Инновационные технологии возделывания озимой пшеницы в условиях богарного земледелия юга Казахстана. В: *Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной Году науки и технологий «Приоритеты развития АПК в условиях цифровизации и структурных изменений национальной экономики»*, Санкт-Петербург - Пушкин, 26–28 мая 2021, С. 12-15.
4. Диярова А.Е. (2018). Применение инновационных технологий при организации культурно-оздоровительных комплексов в современном Казахстане. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы дизайн-образования в вузе», Под редакцией Е.А. Чертыковцевой. Орел, 20 декабря 2018 года. С. 50-57.

Oleksandr Balko, Olga Balko, Liubov Zelena, Liliya Avdeeva

THE POTENTIAL OF PYOCINS IN PLANT DISEASES PREVENTING

*Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine,
03143 Kyiv, Ukraine*

*E-mail: oleksandrbalko@gmail.com; olga-balko@ukr.net; zelenalyubov@gmail.com;
avdeeva_liliya@ukr.net*

Keywords: *S-type pyocins, Pseudomonas aeruginosa producers strains, Pseudomonas syringae and Pseudomonas savastanoi phytopathogenic strains, antimicrobial activity, molecular genetic screening for pyocin genes*

Introduction. Bacterial diseases cause significant crop losses. Among the widespread plant pathogens, *Pseudomonas syringae* strains are characterised by high virulence and high isolation frequency [8]. Available chemical pesticides are ineffective in controlling the spread of these microorganisms, and the application of such substances has a number of disadvantages. Therefore, one of the ways to solve

the problem of crop losses is to search for new, human- and environmentally safe means of controlling *P. syringae* strains.

Bacteriocins have been proposed to prevent the spread of plant pathogens [9]. *Pseudomonas aeruginosa* is known to be able to produce bacteriocins (pyocins) – antibiotic-like substances that only affect closely related strains [1]. Pyocins can be divided into high-molecular-weight R- and F-type bacteriocins, which resemble phage tails, and colicin-like S-type bacteriocins, which contain low-molecular-weight proteins. We have also shown that *P. aeruginosa* can synthesise microcin-II-like bacteriocins, which are peptide-like substances [3]. The high efficacy of bacteriocins, especially the S-type, as antimicrobial drug analogues has been demonstrated in a number of *in vitro* and *in vivo* studies.

In previous studies we have identified a number of *P. aeruginosa* strains that produce highly active bacteriocins. Of all the pseudomonads tested, four *P. aeruginosa* strain lysates had the highest activity, being active against more than 75% of the cultures used. The main active killer components of these lysates were shown to belong to colicin-like S-type pyocins [2].

Phenotypic screening methods are widely used to identify producers of biologically active substances, including bacteriocins. However, these classical approaches have a number of disadvantages: duration of the study, significant resource intensity, need to optimise cultivation conditions. Molecular genetic screening for pyocin genes in *P. aeruginosa* strains can be considered as a faster and more sensitive method for the detection of bacteriocin producers.

Therefore, the aim of this work was to study the bacteriocin activity of *Pseudomonas aeruginosa* against phytopathogenic strains of *Pseudomonas syringae*, to determine which of the S-type pyocins can inhibit *P. syringae* growth, and to perform genotypic screening of S-type pyocins active against *P. syringae* among *P. aeruginosa* producer strains.

Materials and methods. S-type pyocins were isolated from eleven *Pseudomonas aeruginosa* strains including *P. aeruginosa* UCM B-333, which was previously deposited in Depository of Zabolotny Institute of Microbiology and Virology under number IMV B-7668 as high active producer of bacteriocins. The genotypic screening was performed on 40 strains of *Pseudomonas aeruginosa*: UCM B-1 – UCM B-3, UCM B-5 – UCM B-10, UCM B-12 – UCM B-16, UCM B-329 – UCM B-349, UCM B-351 – UCM B-353, UCM B-900, UCM B-907, from Ukrainian Collection of Microorganisms (UCM, Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine).

Isolation of bacteriocins from *P. aeruginosa* was performed after induction with nalidixic acid at a final concentration of 100 µg/ml, as previously described [4]. Several concentration and separation steps were performed to obtain purified pyocins. The bacteriocins were concentrated by precipitation with 70% ammonium sulphate. The sediment was dialysed through a dialysis membrane (MWCO 15 kDa). Bacteriocins were separated by ion exchange chromatography. The antimicrobial

activity of the pyocins was tested by the "two-layered agar" method. In our study we included *P. aeruginosa* UCM B-3 and UCM B-10 as indicator cultures. To estimate the activities of pyocin subtypes against phytopathogenic strains, causal agents of plant bacterial diseases were used: *P. savastanoi* pv. *phaseolicola* UCM B-1026 (reclassified *P. syringae*), *P. syringae* pv. *coronafaciens* UCM B-1154, *P. syringae* pv. *syringae* UCM B-1027, *P. syringae* pv. *atrofaciens* UCM B-1013 and IMV 9290 (Zabolotny Institute of Microbiology and Virology), *P. syringae* pv. *lachrymans* UCM B-1039. Quantitative indices of bacteriocin activities were determined by the double serial dilution method. The activity of the substance was estimated according to the maximum dilution able to cause the formation of a lysis zone. The obtained results were counted for 1 ml of the tested substance and expressed in activity units – AU/mL or for convenience in $\times 10^6$ AU/mL.

The ability of bacteriocins to induce pore formation was tested against *P. aeruginosa* UCM B-10 and *P. savastanoi* pv. *phaseolicola* UCM B-1026. There, 100 μ L suspension of the indicator culture with a titer of 10^7 CFU/mL was mixed with the same volumes of pyocins and incubated for 1 and 3 hours at 37°C. DNA concentration in selected samples was determined using Nanodrop at 260 nm wavelength. To check the nuclease activity of bacteriocins, 24 μ L of these substances were mixed with the same volume of phage λ DNA (35 ng, "Fermentas"; 0.3 μ g/ μ L) and exposed at 37°C for 30 minutes. DNA and hydrolysis products were detected by electrophoretic separation on a 1% agarose gel.

Molecular genetic screening for the presence of pyocin genes in *P. aeruginosa* strains was performed by PCR. Total DNA was isolated from *P. aeruginosa* cell suspensions using the Gene Jet Genomic DNA Purification Kit (ThermoScientific). A multiplex PCR was performed to detect genes encoding *P. aeruginosa* pyocins S1, S2, S3, S4, S5. Amplification was performed using a thermocycler Mastercycler Personal 5332 (Eppendorf, Germany). Primers according to Dingemans [5] were used to amplify pyocins AP41 and S1-S5. Primers for amplification of the *pyoM* gene were designed using the Primer 3 programme. *P. aeruginosa* type strain PAO1 was selected as a reference control. RT-qPCR analysis of pyocin S1 and S5 gene expression was performed using SYBRGreen. Samples for analysis were taken at several time points: untreated control (24 h culture, 1:10 dilution) and samples incubated for 3, 6 and 18 h after treatment with nalidixic acid. Amplification was performed on a QuantStudio™ 3 Real-Time PCR System (Applied Biosystems) using standard cycling modes. Amplification for each sample and gene was performed in duplicate and each amplification run did not include a template control. Relative gene expression was calculated using the $2^{-\Delta\Delta C_t}$ method.

Results and discussion. Bacteriocins isolated from eleven *P. aeruginosa* strains were characterised by moderate and high activity against most of the *P. syringae* strains tested. The bacteriostatic activity of the initial *P. aeruginosa* lysates varied from 20 to 40 AU/mL against certain *P. syringae* strains. The colicin-like S-type pyocins were found to be active components of the lysates. It was shown that bacteriocin activity

can be increased by cultivation of the producer strain at 28°C in LB medium with intensive aeration and/or addition of nalidixic acid to final concentrations of 100 µg/mL at the end of the exponential growth phase in contact with the bacterial suspension for three hours. The efficacy of optimisation of cultivation conditions and pyocin induction depended on a producer strain. The activity of *P. aeruginosa* UCM B-333 bacteriocins against phytopathogenic strains depended on cultivation conditions, whereas *P. aeruginosa* UCM B-9 pyocins depended on induction optimisation. Both factors influenced the bacteriocin activity of other strains: *P. aeruginosa* UCM B-330, UCM B-335 and UCM B-353. The most active bacteriocin producer was *P. aeruginosa* UCM B-333. The introduced approaches resulted in more than 40-fold increase in the activity of these pyocins, which led to an expansion of the bacteriocin spectrum against all *P. syringae* strains and an extension of the growth-free zones to 26 mm. However, it remains unknown which subtype of S-type pyocins synthesised by this strain is active against *P. syringae*.

In order to define the active substances of *P. aeruginosa* UCM B-333, typing of pyocin S-type genes in the bacterial genome was performed. As a result of PCR analysis, amplification products of 459-bp and 646-bp amplicon corresponding to pyocin S5 and S1 genes were observed. In the present study, bacteria were exposed to nalidixic acid and the relative level of pyocin S1 and S5 gene activity was evaluated during 18 hours after treatment. The transcriptional activity of the pyocin S1 gene was generally higher than that of the pyocin S5 gene. The highest total level of expression of both pyocin genes was observed at 6 hours and the lowest at 18 hours. Thus, it was confirmed that under the influence of nalidixic acid the transcription of pyocin S1 and S5 genes occurs.

In order to obtain separate fractions of the mentioned pyocins, serial steps of induction, concentration and separation were performed. The prepared bacteriocin solution was applied to a chromatographic column with DEAE cellulose. Two peaks of protein concentration were observed among selected eluents. Thus, using ion exchange chromatography, we were able to isolate two bacteriocin groups from the initial lysate. The next step was to determine the pyocin subtypes in each selected fraction. It is known that pyocin S1 is characterised by nuclease activity and pyocin S5 is capable of pore formation [6]. The fractions were first tested for their effect on phage λ DNA. It was found that the first group of bacteriocins cleaved phage DNA. However, the second group of bacteriocins didn't have a similar effect. These facts indicated that substances from the first group had strong nuclease activity, which was a characteristic feature of pyocin S1.

The effect of the second group of substances on the examined indicator cultures was caused by a disruption of their cell membrane continuity due to a more intensive leakage of nucleic acids from *P. aeruginosa* UCM B-10 cells into the supernatant. The analogous effect on *P. savastanoi* pv. *phaseolicola* UCM B-1026 resulted in an increase of cellular DNA content in the samples. The mechanism of action noted by Ling et al. [10] is characteristic of the pore-forming S5 subtype of pyocin. The intensity of nucleic

acid spillage in the supernatant due to the influence of substances from the first group of bacteriocins as on *P. aeruginosa* UCM B-10, as well as on *P. savastanoi* pv. *phaseolicola* UCM B-1026 didn't exceed the indices of untreated cultures. Thus, the second group of bacteriocins was found to contain pyocin S5.

The next step was to test the killing activity of both bacteriocin groups against a range of phytopathogenic bacteria. It was found that pyocin S1 with nuclease activity didn't cause any growth inhibition of the microorganisms tested. However, the application of the pore-forming pyocin S5 resulted in the appearance of a growth inhibition zone with a diameter of 14-20 mm. These substances remained active even when this fraction was diluted up to 1:8-1:16 inclusive and affected all tested *P. syringae* strains.

The obtained results of PCR confirmed the presence of pyocin S1 and S5 genes in the genome of *P. aeruginosa* UCM B-333, but their expression levels under the influence of the used inductor differ considerably. It is known that the *recA* system is responsible for regulating the excretion of most pyocins, including pyocin S1. The inductive effect of nalidixic acid on microorganisms is caused by nucleic acid damage, which activates the RecA protein. It leads to synthesis of PrtN protein, which binds with P-box structure and initiates pyocin transcription [7]. However, the nucleotide sequence of the pyocin S5 gene does not contain the P-box structure necessary for binding to the transcriptional activator PrtN. However, stimulation of pyocin S5 transcription is thought to be triggered by oxidative stress [10]. In our study, pyocin induction was achieved by activation of the *recA* system, which resulted in a more intense synthesis of pyocin S1 compared to pyocin S5. Therefore, phenotypic screening of pyocins active against *P. syringae* requires optimisation of cultivation conditions and induction.

P. aeruginosa is characterised by the multiplicity of bacteriocin production [7]. This means that each strain can simultaneously synthesise several different subtypes of S-type pyocins. However, it is very difficult to estimate the amount and subtypes of pyocins synthesised by a given culture using phenotypic methods. Therefore, we performed genotypic screening of the pyocin S5 gene in the genomes of *P. aeruginosa* strains by PCR. It was found that out of 40 studied *P. aeruginosa* cultures, 18 strains (45.0%) contained this gene. Furthermore, according to our results, the bacteriocin gene with pore-forming activity (pyocin S5) was most frequently observed in maximum and highly active producers of bacteriocins. The availability of such a significant distribution of this pyocin subtype gene among *P. aeruginosa* cultures can become the basis for the selection of the most promising producer strains for the creation of an antimicrobial composition with an extended spectrum of activity.

Conclusions. *Pseudomonas aeruginosa* S-type bacteriocins are characterised by moderate and high activity against the majority of *Pseudomonas syringae* and *Pseudomonas savastanoi* strains studied. It was found that the active substances in *P. aeruginosa* UCM B-333 lysates are pyocins of S1 and S5 subtypes, but only pyocin S5 has activity against phytopathogenic *P. syringae* strains. Genotypic screening revealed

that 45.0% of the *P. aeruginosa* strains tested contained the pyocin S5 gene in their genome. The use of *P. aeruginosa* bacteriocins to inhibit the growth of *P. syringae* and *P. savastanoi* may be a new tool to control the spread of these pathogenic microorganisms.

References

1. Balko, A.B. (2012). [Characteristic, properties, prospect of application of bacteriocins]. *Mikrobiolohichnyi zhurnal*, 74(6), 99-106. PMID: 23293833.
2. Balko, A.B., & Avdeeva, L.V. (2012). [Screening of producers of bacteriocin-like substances active against *Pseudomonas aeruginosa*]. *Mikrobiolohichnyi zhurnal (Kiev, Ukraine: 1993)*, 74(2), 8–13. PMID: 22686012.
3. Balko, O.B. (2019). Low Molecular Weight *Pseudomonas aeruginosa* Bacteriocins. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 81(6), 97-109. <https://doi.org/10.15407/microbiolj81.06.097>
4. Balko, O.I., Balko, O.B., & Avdeeva, L.V. (2019). Thermoactivation of *Pseudomonas aeruginosa* Pyocins. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*, 81(5), 85-97. <https://doi.org/10.15407/microbiolj81.05.085>.
5. Dingemans, J., Ye, L., Hildebrand, F., Tontodonati, F., Craggs, M., Bilocq, F., De Vos, D., Crabbé, A., Van Houdt, R., Malfroot, A., & Cornelis, P. (2014). The deletion of TonB-dependent receptor genes is part of the genome reduction process that occurs during adaptation of *Pseudomonas aeruginosa* to the cystic fibrosis lung. *Pathogens and disease*, 71(1), 26–38. <https://doi.org/10.1111/2049-632X.12170>.
6. Elfarash, A., Dingemans, J., Ye, L., Hassan, A.A., Craggs, M., Reimann, C., Thomas, M. S., & Cornelis, P. (2014). Pore-forming pyocin S5 utilizes the FptA ferripyochelin receptor to kill *Pseudomonas aeruginosa*. *Microbiology (Reading, England)*, 160(Pt 2), 261–269. <https://doi.org/10.1099/mic.0.070672-0>.
7. Ghequire, M.G.K., & De Mot, R. (2014). Ribosomally encoded antibacterial proteins and peptides from *Pseudomonas*. *FEMS microbiology reviews*, 38, 38523–38568. <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12079>.
8. Hnatiuk, T.T., Zhitkevich, N.V., Petrychenko, V.F., Kalinichenko, A.V. & Patyka, V.P. (2019). Soybean Diseases Caused by Genus *Pseudomonas* Phytopathenes Bacteria. *Mikrobiolohichnyi zhurnal*, 81(3), 68-83. <https://doi.org/10.15407/microbiolj81.03.068>
9. Lavermicocca, P., Lonigro, S.L., Evidente, A., & Andolfi, A. (1999). Bacteriocin production by *Pseudomonas syringae* pv. *ciccaronei* NCPPB2355. Isolation and partial characterization of the antimicrobial compound. *Journal of Applied Microbiology*, 86(2), 257–265. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1999.00656.x>.
10. Ling, H., Saeidi, N., Rasouliha, B. H., & Chang, M. W. (2010). A predicted S-type pyocin shows a bactericidal activity against clinical *Pseudomonas aeruginosa* isolates through membrane damage. *FEBS letters*, 584(15), 3354–3358. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2010.06.021>.

Yevhenii Bazylenko, Tetiana Marchenko

YIELD AND HARVEST MOISTURE CONTENT OF CORN HYBRIDS AT DIFFERENT SOWING DATES

*Institute of Climate Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of
Ukraine, Khlybodarske, Bilyaiivsky district, Odesa region, 67667, Ukraine*

E-mail: tmarchenko74@ukr.net

Keywords: hybrids, corn, productivity, harvesting moisture of grain, sowing period

Introduction. In corn technology, the timing of planting is extremely important. The timing of corn sowing and the weather conditions during the growing season

largely determine the productivity of hybrids of different maturity groups and their moisture content at harvest. The choice of sowing dates in all zones must take into account zonal characteristics, the rate of increase of air and soil temperatures in spring, their uniformity, the timing and frequency of frosts, the total duration of the frost-free period, the biological characteristics of the hybrids grown, and other factors. The practical decision on the timing of corn sowing should always be coordinated with the spring conditions [1, 2].

When determining the optimum sowing dates, it is necessary to take into account the requirements of corn for germination conditions and the specific agroecological conditions of the spring. In Ukraine, due to global climate change, dry weather conditions have become more frequent, occurring in different phases during the growing season almost every 2-3 years. It is particularly important not to sow corn too late in years with a dry spring, when there is a high probability that the seeds will fall into insufficiently moist soil. This will result in low seed germination in the field and insufficient plant density per unit area. If sowing is delayed by 10 days compared to the optimum time, corn grain productivity is reduced by 0.6-0.8 t/ha.

The aim of the study is to determine the influence of sowing date on yield and harvest moisture content of corn hybrids of different FAO groups in the northern steppe of Ukraine.

Materials and methods. The field experiments were conducted during 2019-2022 on the territory of Svitlana Farm, Yelanetskyi district, Mykolaiv region. The territory of the reference point is located in the Northern Steppe agroecological zone (GTCV-IX = 0.69-0.89), according to the agroecological zoning according to M.I. Polupan, V.B. Solovey, V.A. Velychko et al. (2010) [3]. The two-factorial experiment was designed using the method of split randomised blocks. The study was carried out in quadruplicate. The sown area of the plots was 50.0 m² and the experimental area was 50.0 m², and the accounting area was 30.0 m². Factor A – sowing date, date: 15.04, 25.04, 05.05, 15.05. Factor B – corn hybrids of different FAO groups selected by the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine: Stepovyi (FAO 190), Oleshkivskyi (FAO 280), Tronka (FAO 380), Gilea (FAO 420).

Results and discussion. With early drilling (in the second decade of April at $t \approx 8-10^{\circ}\text{C}$), the seeds of most annual cereal and dicotyledonous weeds, as well as the shoots of perennial root crops, do not germinate and appear on the soil surface with or after crop emergence. This can lead to a significant increase in weed infestation and unproductive use of soil moisture, as weeds use as much or more moisture as crops. It is therefore important to keep early crops free of weeds and to use intensive weed control methods.

Experimental studies have shown that sowing dates have a significant effect on plant development and grain formation of corn hybrids in different FAO groups. Depending on the experimental factors, the plants are exposed to different

temperature conditions, undergo different ontogeny and, as a result, have different productivity.

During the 2021-2023 trials, the grain yield of hybrids of different FAO groups ranged from 3.12 to 8.79 t/ha, depending on the sowing date. According to the results of the research it was found that the early maturing hybrid Stepovyi (FAO 190) showed the maximum grain yield in 2021 at sowing 25.04 – 7.51 t/ha. The minimum yield (4.81 t/ha) was recorded at sowing date 15.05, with a yield reduction of 2.7 t/ha or 35.9%. The mid-early hybrid Oleshkivskyi (FAO 280) showed the maximum grain yield in 2021 - 8.67 t/ha when sown on 05 May. The minimum yield of 4.43 t/ha was recorded when sown on 15 May, with a yield reduction of 4.24 t/ha or 48.9%. The mid-season hybrid Tronka (FAO 380) showed the maximum grain yield of 8.79 t/ha when sown on 05 May. The minimum yield was 3.91 t/ha when sown on 15 May, with a yield reduction of 4.88 t/ha or 55.5%. The medium-late hybrid Gilea (FAO 420) showed the maximum grain yield in 2021 – 8.65 t/ha when sown on 05 May. The minimum yield of 3.12 t/ha was recorded when sown on 15 May, with a yield reduction of 5.53 t/ha or 63.9%. The maximum grain moisture content (14.2-25.6%) in all maize hybrids was observed at sowing on 15.05, the minimum grain moisture content of 12.2-15.0% was observed at sowing on 15.04. As for the dependence of harvest moisture content on FAO hybrid groups, a pattern was observed: the minimum grain moisture content is inherent in the hybrid Stepovoy (FAO 190) 12.2-14.6%, the maximum - in the hybrid Gilea (FAO 420) 13.7-25.6%.

Conclusions. It was found that innovative maize hybrids of different FAO groups had different specific responses to sowing dates in the northern steppe. The hybrids Stepovyi and Oleshkivskyi had the highest yield stability. The hybrids Stepovyi (FAO 190) and Oleshkivskyi (FAO 280) had grain moisture below the basic moisture content at harvest. These hybrids can be used with energy-saving maize cultivation technologies. Yields of these hybrids varied little with sowing date, so they can be used with different technologies that allow extra early and late sowing dates.

In years with low soil moisture reserves in autumn and winter and forecasts of low rainfall in spring and summer, sowing hybrids with FAO over 350 (Gilea and Tronka) is impractical because of the large yield reduction in dry conditions. Under optimum weather conditions, these hybrids have high grain moisture at harvest, which reduces the economic performance of their production.

References

1. Hadzalo, Y., Likar, Y., Vozhehova, R., & Marchenko, T. (2023). Economic and energy efficiency of the use of biologized agrotechnologies for corn cultivation. *Scientific Papers Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"*, 23(4), 375-383.
2. Marchenko, T., Skakun, V., Lavrynenko, Y., Zavalnyuk, O., & Skakun, Y. (2023). Biometric indicators and yield of corn hybrids depending on elements of agrotechnology. *Scientific Horizons*, 11, 90-99. <https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.90>.
3. Polupan, M.I., Solovey, V.B., & Velychko, V.A. (2010). *Natural, economic, social and ecological conditions of agricultural production in the Steppe. Scientific foundations of agro-industrial production in the Steppe zone of Ukraine*. Kyiv: Agrarian Sciences, p. 14–53.

**Lyudmyla Buyun¹, Halina Tkaczenko², Roman Ivannikov¹, Volodymyr Yakymets³,
Natalia Kurhaluk², Ivan Gurnenko¹, Lyudmyla Kovalska¹, Viktor Veselskyi⁴
LEAF SURFACE MICROMORPHOLOGY AS A KEY TRAIT FOR ASSESSING
THE PM REMOVAL POTENTIAL OF PLANTS TO IMPROVE INDOOR AIR
QUALITY**

¹*M.M. Gryshko National Botanic Garden, National Academy of Sciences of Ukraine, 01014 Kyiv, Ukraine;*

²*Institute of Biology, Pomeranian University in Stupsk, 76-200 Stupsk, Poland;*

³*State Scientific Institution "Center for Innovative Medical Technologies", National Academy of Sciences of Ukraine, 04053 Kyiv, Ukraine;*

⁴*Presidium Apparatus of National Academy of Medical Sciences of Ukraine, 04050 Kyiv, Ukraine*

E-mail: orchids.lyuda@gmail.com; halina.tkaczenko@upsl.edu.pl; namor.iv22@gmail.com; cimtnanu@ukr.net; guriv@ukr.net; kovalskaya.l.af@gmail.com; amn1@ukr.net

Keywords: *Chlorophytum comosum L., indoor air quality (IAQ), particulate matter (PM), healthcare facilities, PM deposition, scanning electron microscopy (SEM), energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS)*

Introduction. Indoor air quality (IAQ) is currently an important issue that is being widely discussed around the world. In Ukraine, with the start of a major war, air pollution problems are particularly relevant. Previous research suggests that large quantities of toxic chemicals have been released over Ukrainian territory, which will undoubtedly have long-term regional health impacts on people and the environment [12]. The drastic increase in pollution levels (especially PM_{2.5}) due to bombing and fires causes additional health problems that can have serious consequences for the population exposed to the pollutants.

Particulate matter (PM) is one of the main components of polluted air. PM can be composed of organic and inorganic species. In particular, heavy metals present in PM include lead (Pb), mercury (Hg), cadmium (Cd), zinc (Zn), nickel (Ni), arsenic (As) and molybdenum (Mo) [9, 13]. In addition, the ongoing war in Ukraine has a multidimensional impact on the global public health problem, which has already been weakened in recent years by the COVID-19 pandemic and ongoing climate change. Prolonged physical and psychological stress, including high levels of chronic stress, poor nutrition, and living in crowded conditions such as bomb shelters with limited ventilation, contribute to reduced immunity, which can potentially increase the spread and development of various infectious diseases [6, 11].

Therefore, the team of authors implemented a methodological approach based on the general principles of phytoremediation of the modern human environment with the help of tropical plants, but also taking into account the real needs of society in wartime and post-war conditions.

Our previous studies have shown that the application of phytoremediation is one of the successful approaches to improve the hospital environment to protect patients and healthcare workers from various types of pollution and nosocomial infections, and to ensure the productivity of hospital staff. The "phytoremediation modules", consisting of tropical ornamental plants with high capacity to absorb volatile indoor air pollutants (VOCs) from the indoor environment, were designed and implemented at different sites within the Centre for Innovative Medical Technologies (CIMT) of the National Academy of Sciences of Ukraine [1].

The CIMT departments were chosen as a model because the choice of plants for hospital facilities requires certain conceptual solutions and, above all, careful plant selection, since the "phytomodules" must be decorative, effective in terms of removing harmful pollutants (VOCs, PM_{2.5}, bio-pollutants) and, at the same time, must not pose a threat to hospital patients, especially those with weakened immune systems, or to service personnel.

Although more than 120 plant species have been investigated for indoor air purification, data on phytoremediation of particulate matter (PM) from indoor air are rather limited. Very few studies have investigated PM removal by tropical plants in indoor environments [4, 5]. At the same time, this problem is particularly relevant for the improvement of air quality in places with large numbers of people during the war in Ukraine.

Chlorophytum comosum (Thunb.) Jacques (Asparagaceae) has been extensively studied for its diverse biological activities. The high phytoremediation capacity of this plant has been widely discussed in the literature [4]. *C. comosum* has been reported to have one of the highest VOC (formaldehyde, benzene, ethylbenzene and toluene) removal efficiencies compared to other plant species tested [10]. Furthermore, it is well established that *C. comosum* is also able to accumulate particulate matter (PM) from both outdoor [3] and indoor [4] environments. Leaf surface micromorphology plays a key role in the effective removal of PM from indoor air by plants [7].

Against this background, the main objectives of this study were to assess: (1) the micromorphology of the leaf surface and which leaf characteristics of *C. comosum* plants influence the ability of plants to retain PM from indoor air in healthcare facilities; (2) the elemental composition of the epidermal leaf surface and the PM particles accumulated on the leaf surface of *C. comosum* after 6 months of exposure to the indoor environment of healthcare facilities.

Materials and methods. Healthcare Units and Plant Materials. The research was carried out in the health care units of the "Centre for Innovative Medical Technologies" of the NAS of Ukraine. Plants of *Chlorophytum comosum* (Asparagaceae) were grown in Lechuza type containers filled with LECHUZA-PON substrate (NPK - 15:11:14, including trace elements) with automatic watering system (Fig. 1). The day/night temperature was maintained at 25/22 °C and the relative humidity at 40-60% for 24 hours.



Fig. 1. *Chlorophytum comosum* plant exposed to a healthcare facility environment as part of the phytoremediation module

Scanning electron microscopy (SEM) coupled with Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS). The micromorphology of *C. comosum* leaves and the pattern of deposited PM particles on leaf surfaces were assessed by scanning electron microscopy (JSM-6700F, JEOL, Japan). Leaf sampling was performed after 6 months of exposure to the health unit environment (test plants). All samples were taken from fully expanded healthy leaves (Fig. 2a). Visualisation of the leaf surface micromorphology of *C. comosum* was performed using a JSM-6700F scanning electron microscope at 15 kV acceleration voltage in high vacuum mode. Stomatal density and dimensions were measured using ImageJ software.

The elemental composition of the epidermal surface of *C. comosum* leaves and the captured PM particles were analysed by JSM-6700F using an energy dispersive spectrometer (JEOL, Tokyo, Japan). The ZAF method of Standardless Quantitative Analysis was used for data processing using JED-2300 Analysis Station software (JEOL, Tokyo, Japan). The data obtained were statistically analysed using the mean \pm standard deviation of the mean (S.D.).

Result and discussion. The results are shown in Figures 2 and 3. SEM micrographs (Fig. 2b, c) show the cuticular patterns on the adaxial and abaxial leaf surfaces of *C. comosum* plants placed in the health unit after 6 months of exposure.

Leaves of *C. comosum* are hypostomatous; stomata are aperigenous, i.e. without subsidiary cells, which is generally characteristic of representatives of this genus [8].

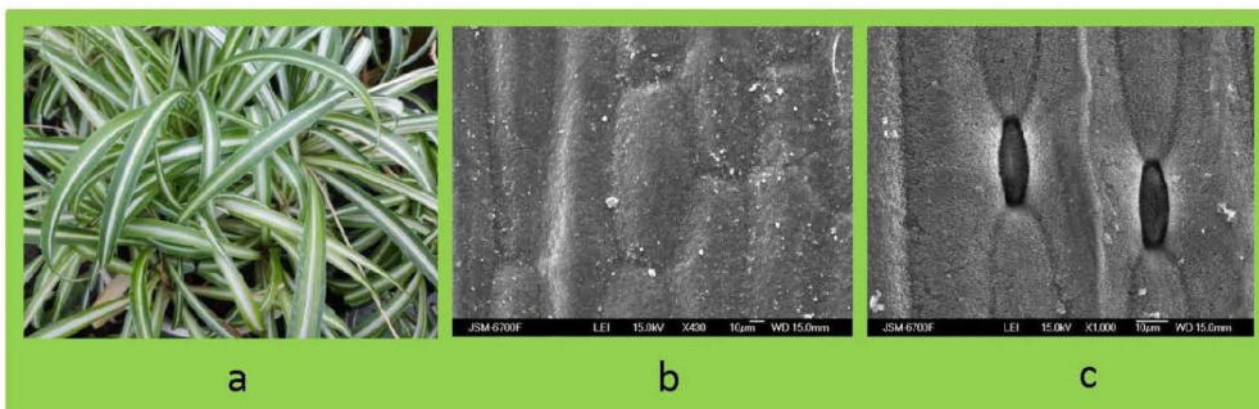


Fig. 2. Leaf surface micromorphology of *Chlorophytum comosum* plant: a) general appearance of the plant; b) adaxial leaf surface; c) abaxial leaf surface with stomata

As can be seen in Figure 2 (b, c), SEM micrographs indicate the presence of a well-defined layer of epicuticular wax in the form of plates. At the same time, SEM observation showed no differences in wax morphology between the adaxial and abaxial surfaces. Three micromorphological leaf characteristics (stomatal density, trichome density and leaf surface roughness) are thought to be most important for PM deposition on leaves [2, 5, 7]. Since trichomes are absent from the leaf surfaces of *C. comosum* plants, we determined the density of stomata and their dimensions, thus creating a micro-relief of the leaf that could affect the retention of PM particles.

The density of stomata was 81.07 ± 3.42 per 1 mm^2 , length – $26.67 \pm 1.30 \text{ }\mu\text{m}$ and width – $8.52 \pm 0.87 \text{ }\mu\text{m}$. The stomata are arranged in strips separated by rows of epidermal cells, i.e. stomata-free bands. The vein region is free of stomata. Analysis of the SEM micrographs did not reveal a clear relationship between PM accumulation and stomatal localisation. They are fairly evenly distributed over the entire leaf surface. Most PM particles are localised in the contact zone of anticlinal walls between epidermal cells, which are depressed below the outer tangential surface of the cells. In addition, the PM retention capacity of *C. comosum* plants appears to be determined by a well-developed epicuticular wax in the form of plates perpendicular to the leaf surface. The size of PM particles trapped in *C. comosum* leaves varies considerably. When estimating the size of the PM particles, a small fraction of the particles are in the submicron range.

SEM-EDS analysis (Fig. 3) confirmed the presence of macroelements such as Ca, K, Mg, Fe, P, S and Cl (Fig. 3a, b-d) both on the leaf surfaces and in the PM localised on them. However, a rather high content of Al and Si was found in the analysed PM particles (Fig. 3b, d), the source of which appears to be construction materials.

The ability of *C. comosum* plants to accumulate heavy metals present in aerosol particles (PM) has been studied by Ferno et al. (2021). Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb and Zn were selected for investigation in this study because of their toxicity and adverse effects on human health. It should be noted that we did not detect any of these

elements in the PM samples studied, which indicates a sufficiently high level of air quality in the health care units where the research was conducted.

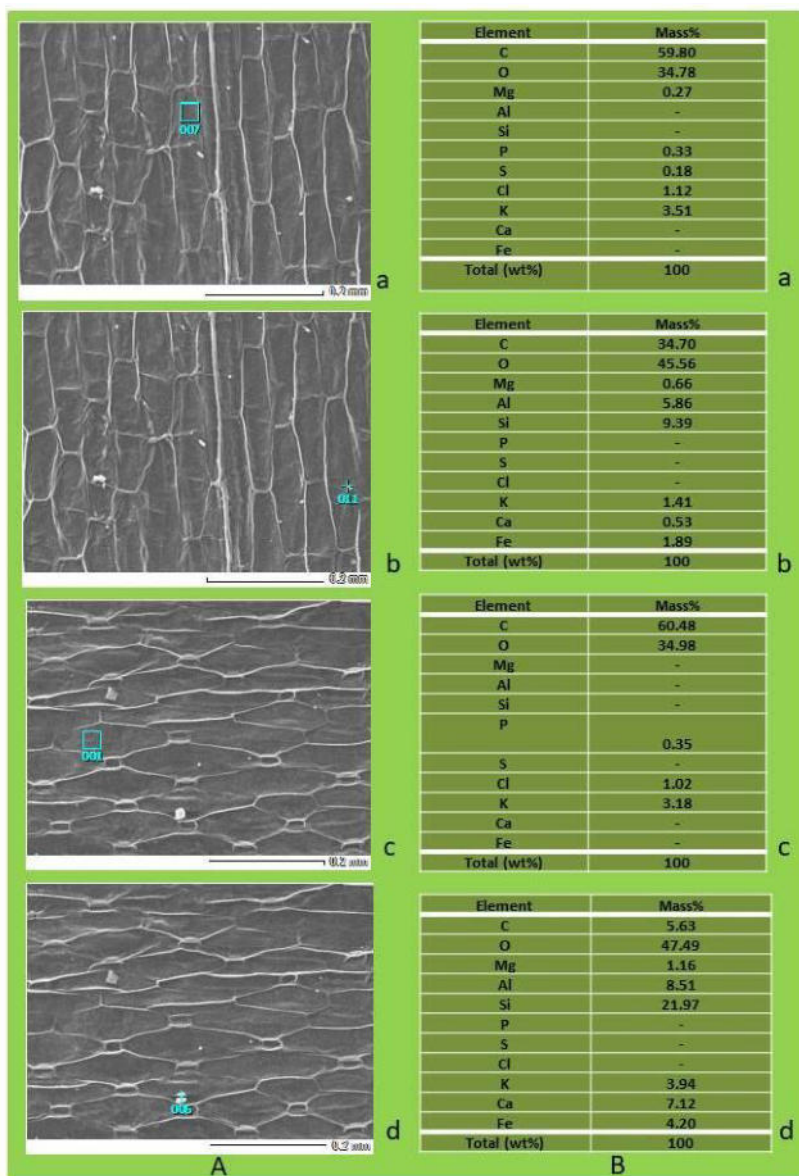


Fig. 3. SEM-micromorphology of the leaf surfaces (A, a-d) and EDS analyses of both leaf surfaces of *Chlorophytum comosum* and PM particles trapped (B, a-d): C: Carbon; O: Oxygen; Mg: Magnesium; Al: Aluminium; Si: Silicon; P: Phosphorus; S: Sulphur; Cl: Chlorine; K: Potassium; Ca: Calcium; Fe: Iron.

Thus, elements classified as human carcinogens by the *International Agency for Research on Cancer* were not observed in the PM samples tested. However, we found that Fe in PM accumulated on both surfaces of the leaf, with levels of 1.89% and 4.2% on the adaxial and abaxial surfaces of the leaf, respectively. Iron (Fe) is considered to be the most abundant transition metal identified in PM2.5 samples [13].

C. comosum plants are well tolerated in semi-shade growing conditions, making them suitable for use in indoor environments. Furthermore, it should be noted that *C. comosum* is also a good choice for phytoremediation purposes, as the plant reproduces vegetatively, overcoming one of the disadvantages of phytoremediation, i.e. slow plant growth and lack of planting material.

Conclusions. This research is part of a pivotal study to develop 'phytomodules' for remediation of indoor air quality in healthcare facilities. Taken together, these results suggest that *C. comosum* plants are capable of accumulating particulate matter from indoor air in healthcare facilities. Investigations based on SEM analysis followed by EDS spectral detection of the PM trapping capacity of *C. comosum* leaves (SEM-EDS) appear to be an analytical tool capable of simultaneous morphological characterisation and chemical qualitative identification of PM.

The implementation of the proposed pilot project is important for the recovery of the Ukrainian economy both during and after the war. On the other hand, the implementation of this important project demonstrates that the plant genetic resources accumulated in the repositories of Ukraine (in particular in the NBG) can "work" to create "green infrastructure" in hospitals, rehabilitation centres, which is particularly relevant after the COVID-19 pandemic, as well as during and after the war. Further research is needed to identify the key leaf characteristic for the optimal combination of plant species for effective PM removal.

Acknowledgements. *This study was partly supported by the National Academy of Sciences of Ukraine through the State Funding [Innovation Project (#394-FM)].*

References

1. Buyun, L.I., Ivannikov, R.V., Yakymets, V.M., Stepankov, R.S., Kharitonova, I.P., Kozhokaru, A.A. (2020). Phytomodule Cluster as a Structural Element of Indoor Area of Various Functional Purposes. *Science and Innovation*, 16(4), 83-97. <https://doi.org/10.15407/scine16.04.083>.
2. Choi, Y.K., Song, H.J., Jo, J.W., Bang, S.W., Park, B.H., Kim, H.H., Kim, K.J., Jeong, N.R., Kim, J.H., & Kim, H.J. (2021). Morphological and Chemical Evaluations of Leaf Surface on Particulate Matter_{2.5} (PM_{2.5}) Removal in a Botanical Plant-Based Biofilter System. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(12), 2761. <https://doi.org/10.3390/plants10122761>.
3. Fermo, P., Masiero, S., Rosa, M., Labella, G., Comite, V. (2021). *Chlorophytum comosum*: A Bio-Indicator for Assessing the Accumulation of Heavy Metals Present in The Aerosol Particulate Matter (PM). *Applied Sciences*, 11(10), 4348. <https://doi.org/10.3390/app11104348>.
4. Gawrońska, H., Bakera, B. (2015). Phytoremediation of particulate matter from indoor air by *Chlorophytum comosum* L. plants. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 8, 265–272.
5. Katoch, A., & Kulshrestha, U.C. (2022). Assessment of Indoor Air Pollution through Fine Particle Capturing Potential and Accumulation on Plant Foliage in Delhi, India. *Aerosol and Air Quality Research: Open Access Journal*, 22, 220014. <https://doi.org/10.4209/aaqr.220014>.
6. Kończak, B., Cempa, M., Pierzchała, Ł., & Deska, M. (2021). Assessment of the ability of roadside vegetation to remove particulate matter from the urban air. *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)*, 268(Pt. B), 115465. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115465>.
7. Lee, J.K., Kim, D.Y., Park, S.H., Woo, S.Y., Nie, H., & Kim, S.H. (2022). Particulate Matter (PM) Adsorption and Leaf Characteristics of Ornamental Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Cultivars and Two Common Indoor Plants (*Hedera helix* L. and *Epipremnum aureum* Lindl. & Andre). *Horticulturae*, 8(1), 26. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010026>.
8. Nalawade, A.S., & Gurav, R.V. (2017). Stomatal Studies in the Genus *Chlorophytum* (Asparagaceae). *Bioscience Discovery*, 8(3), 574-581.
9. Tkachenko, H., Kurhaluk, N., Buyun, L., & Osadowski, Z. (2020). Phytoremediation – A Green Technology for the Remediation of Polluted Environments. *Ochrona przyrody, powierzchni ziemi i krajobrazu w kontekście obowiązujących przepisów* (Eds Osadowski Z., Astel A., Tkachenko H.,

Młynarkiewicz). Słupsk, Wydawnictwo Naukowe Akademii Pomorskiej w Słupsku. – P. 117-152. ISBN 978-83-7467-336-5.

10. Treesubstorn, C., Lakaew, K., Autarmat, S., & Thiravetyan, P. (2020). Enhancing benzene removal by *Chlorophytum comosum* under simulation microgravity system: Effect of light-dark conditions and indole-3-acetic acid. *Acta Astronautica*, 175, 396-404. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.05.061>.
11. Wilczek, N.A., Brzyska, A., Bogucka, J., Sielwanowska, W.E., Żybowska, M., Pieciewicz-Szczęśna, H., & Smoleń, A. (2023). The Impact of the War in Ukraine on the Epidemiological Situation of Tuberculosis in Europe. *Journal of clinical medicine*, 12(20), 6554. <https://doi.org/10.3390/jcm12206554>.
12. Zalakeviciute, R., Mejia, D., Alvarez, H., Bermeo, X., Bonilla-Bedoya, S., Rybarczyk, Y., & Lamb, B. (2022). War Impact on Air Quality in Ukraine. *Sustainability*, 14(21), 13832. <https://doi.org/10.3390/su142113832>.
13. Zanoletti, A., Bilo, F., Borgese, L., Depero, L.E., Fahimi, A., Ponti, J., Valsesia, A., La Spina, R., Montini, T., & Bontempi, E. (2018). SUNSPACE, A Porous Material to Reduce Air Particulate Matter (PM). *Frontiers in chemistry*, 6, 534. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00534>.

**Mykola Grabovskyi, Mykola Stepanenko, Taras Panchenko, Lesya Kachan,
Leonid Kozak**

STARCH AND BIOETHANOL OUTPUT FROM CORN GRAIN DEPENDING ON THE FERTILIZATION SYSTEM

Bila Tserkva National Agrarian University, 09117 Bila Tserkva, Kyiv region, Ukraine

*E-mail: nikgr1977@gmail.com, stepanenkowww@gmail.com, panchenko.taras@gmail.com,
viddilinspirantura@ukr.net, kla59@ukr.net*

Keywords: corn, fertilizer system, starch, bioethanol

Introduction. The use of bioethanol-based fuels, which have captured a significant share of the global energy market, is becoming more important every year as experts predict an increase in global production. It is clear that the energy balance of maize for bioethanol production depends on the grain yield per unit area: as maize yields increase, the efficiency of producing 1 tonne of bioethanol increases. At the same time, the efficiency of cultivation requires proper justification, an important part of which is the development of a business plan that takes into account the company's real capabilities, development prospects and means of implementation in an unstable market and the global financial crisis [1, 4-8, 10].

Bioethanol is the most widely used liquid biofuel in the world, helping to overcome energy dependency and significantly reducing the negative environmental impact of traditional fuels. The feasibility of industrial ethanol production depends on many factors, including energy and economic factors. The main criterion for feedstock selection is accessibility and availability for processing 365 days a year. As feedstock costs account for 70-80% of the cost of ethanol, feedstock availability determines the economics of production [2, 5].

Many crops with high starch or sugar content can be used as feedstocks for bioethanol production: maize, cassava, potatoes, sugar beet, sweet potatoes, barley

and sugar sorghum. The higher the sugar and starch content of the feedstock, the more cost-effective ethanol production is due to the low cost of raw materials [3]. When ethanol is produced from corn, one third more energy is released during combustion than was used to grow, harvest and process the crop [4].

Corn biomass has good energy and environmental performance for bioethanol production, which is a positive characteristic of this feedstock for use as an energy source. To be processed into bioethanol, it is necessary to have grain with the highest possible starch content. The starch content of cereals depends on both the characteristics of the variety and the technology used to grow it. Hybrids used as renewable bioenergy feedstocks should have a high starch content [5, 10].

Materials and methods. The research was carried out in 2022-2023 at the Research and Production Centre of the Bila Tserkva National Agrarian University according to the following scheme: 1. Without ammonium nitrate and microfertilizer (control), 2. Ammonium nitrate (N₄₀) before sowing maize 3. Pre-sowing ammonium nitrate (N₄₀) + microfertilizer Nutrivant Plus Corn (2.5 kg/ha) in the 3-5 leaf stage of maize 4. Ammonium nitrate (N₄₀) before sowing + microfertilizer Vuksal R Max (2 l/ha) in the 3-5 leaf stage of maize 5. Ammonium nitrate (N₄₀) before sowing + microfertilizer Rosalik (3 l/ha) in the 3-5 leaf stage of maize. The total area of the plots was 38.6 m² and the maize hybrid SI Zephyr (FAO 430) was grown. The production of bioethanol from maize grain was calculated as ethanol yield – the amount of ethanol obtained from one tonne of carbohydrates in the form of starch, according to guidelines [7].

Results and discussion. The starch content of maize grain determines the bioethanol yield and is highly dependent on the maturity group, hydrothermal conditions of the year, subspecies and specific cultivation techniques [6, 9].

The best conditions for maize growth and development are created by applying nitrogen fertiliser (N₄₀) before sowing in combination with Vuksal R Max microfertiliser, which is reflected in the highest starch yield per unit area in 2022 – 7.35 t/ha and in 2023 – 8.03 t/ha (Table 1). At the same time, the starch yield in the control (no fertiliser application) was 6.22 and 6.66 t/ha.

Table 1. Starch output from maize grain according to fertilization system, t/ha

Fertilization system	2022	2023	Mean
Control	6.22	6.66	6.44
Ammonium nitrate (N ₄₀)	6.68	7.31	7.00
Ammonium nitrate (N ₄₀) + microfertilizer Nutrivant Plus Corn (2.5 kg/ha)	7.18	7.82	7.50
Ammonium nitrate (N ₄₀) + microfertilizer Vuksal R Max (2 l/ha)	7.35	8.03	7.69
Ammonium nitrate (N ₄₀) + microfertilizer Rosalik (3 l/ha)	7.13	8.06	7.60
LSD, <i>P</i> < 0.05	0.23	0.30	0.18

The use of nitrogen fertiliser and microelements increases starch production per unit area by 0.56-1.15 t/ha on average over two years compared to the control.

Fertilisation improves the architecture of the maize plant, allowing better photosynthetic activity and organic matter formation, and can influence starch accumulation in the grain and consequently bioethanol output.

The output of bioethanol from maize grain was highest in 2023 – 4.91 thousand litres/ha, and in 2022 it was 4.48 thousand litres/ha (Table 2).

Table 2. Estimated bioethanol output from maize grain depending on the fertilization system, thousand liters/ha

Fertilization system	2022	2023	Mean
Control	4.03	4.32	4.17
Ammonium nitrate (N ₄₀)	4.33	4.74	4.53
Ammonium nitrate (N ₄₀) + microfertilizer Nutrivant Plus Corn (2.5 kg/ha)	4.65	5.07	4.86
Ammonium nitrate (N ₄₀) + microfertilizer Vuksal R Max (2 l/ha)	4.76	5.20	4.98
Ammonium nitrate (N ₄₀) + microfertilizer Rosalik (3 l/ha)	4.62	5.23	4.92
LSD, <i>P</i> < 0.05	0.15	0.19	0.13

Optimisation of plant nutrition through the use of nitrogen fertilisers and microelements contributed not only to an increase in starch yield per unit area, but also to an increase in bioethanol yield per hectare. The highest bioethanol yield, averaged over two years, was obtained in the variant using nitrogen fertiliser (N₄₀) before sowing in combination with the microfertiliser Vuksal P Max – 4.98 thousand litres/ha, which is 0.81 thousand litres/ha more than in the control variant. The increase in bioethanol yield in the other fertiliser treatments was 0.36-0.75 thousand litres/ha.

Conclusions. Optimising plant nutrition through the use of nitrogen fertilisers and microelements helps to increase starch and bioethanol production per unit area. On a two-year average, the highest values of these indicators were obtained in the variant with the use of nitrogen fertiliser (N₄₀) before sowing in combination with the microfertiliser Vuksal P Max - 7.69 t/ha and 4.98 thousand litres/ha.

References

1. Грабовський, М.Б., Roubík, Н., Кучерук, П.П., Павліченко К.В. (2022). Розрахунковий вихід біогазу і метану у гібридів кукурудзи залежно від застосування добрив. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві», Біла Церква, 22–24.
2. Грабовський, М.Б., Вахній, С.П., Лозінський, М.В., Панченко, Т.В., Басюк, П.Л. (2021). Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від застосування комплексних мінеральних добрив. *Агробіологія*, 2, 33–42. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2021-167-2-33-42>.
3. Грабовський, М.Б., Павліченко, К.В., Козак, Л.А., Качан, Л.М. (2022). Енергетична ефективність вирощування гібридів кукурудзи для виробництва біогазу за використання макро- і мікродобрив. *Зернові культури*, 1, 100–107. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0212>.

4. Дудка Т.В. (2012). Доцільність отримання біоетанолу із зерна кукурудзи. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*, 1, 44–47.
5. Калетнік, Г.М. (2010). Біопаливо. Продовольча, енергетична та екологічна безпека України. Монографія. К.: Хай-ТекПрес.
6. Мазур, В.А., Паламарчук, В.Д., Поліщук, І.С., Паламарчук, О.Д. (2017). Новітні агротехнології у рослинництві. Підручник. / В.Д. Паламарчук, І.С. Поліщук, В.А. Мазур, О.Д. Паламарчук. – Вінниця, 2017. – 602 с.
7. Новітні технології біоенергоконверсії (2010). Монографія. / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетука, І.П. Григорюк та ін. – К.: "Аграр Медіа Груп", 2010. – 326 с.
8. Павліченко, К. В., Грабовський, М. Б. (2022).Формування біометричних показників та накопичення сирової надземної маси гібридами кукурудзи під впливом макро- і мікродобрив. *Таврійський науковий вісник*, 123, 98–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.14>.
9. Паламарчук, В.Д., Алексєєв, О.О. (2020). Математичні моделі висококрохмальних гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське господарство та лісівництво*, 1(16), 28–47. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-1-3>.
10. Паламарчук, В.Д., Климчук, О.В. (2010). Альтернативні аспекти використання зерна кукурудзи для отримання біоетанолу. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки*, 42(4), 123–129.

Igor Dragovoz, Liubov Zelena, Liliya Avdeeva

BACILLUS VELEZENSIS 20F AS A POTENTIAL GROWTH STIMULANT AND PLANT BIOCONTROL AGENT: EXPERIMENTAL DATA IN FAVOUR OF THIS CONCLUSION

Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine, 03143 Kyiv, Ukraine

E-mail: igordragovoz@ukr.net; zelenalyubov@gmail.com; avdeeva_liliya@ukr.net

Keywords: *bacilli, phytase, fengycin, phytohormones, biopreparation*

Introduction. Bacteria belonging to the operational group *Bacillus amyloliquefaciens* are gram-positive, endospore-forming, bacilliform microorganisms, members of the family *Bacillaceae*, class *Bacilli* and type *Firmicutes*. To date, this operational group includes 4 species of bacteria: *B. amyloliquefaciens*, *B. nakamurai*, *B.siamensis*, *B.velezensis*. They are widely distributed in different environments including soil, plants and water. Members of this group are also known as plant growth promoting bacteria (PGPB) due to their ability to fix nitrogen, convert insoluble phosphate and produce phytohormones, antimicrobial compounds and siderophores. They are also characterised by the ability to synthesise a wide range of exoenzymes (particularly lytic) and antibiotic substances capable of inhibiting pathogen growth, including non-ribosomal peptides and polyketides [7].

The above characteristics of this group of bacteria indicate their high ecological plasticity and undiscovered potential for use as plant growth stimulators, biocontrol agents, bioremediation tools, probiotics and producers of commercial enzyme preparations and antibiotics.

Among the representatives of the *B. amyloliquefaciens* group, the bacterial species *B. velezensis* deserves special attention. Selected strains of this species are currently actively used in biopreparations for crop production. For example, *B. velezensis* strain FZB 42 has been proposed as a model strain for plant growth stimulation and as a biocontrol agent [3]. To date, several biopesticides containing *B. velezensis* strains have been developed and are available on the market for practical use: Serenade Max (Bayer Crop Science), Rhizovital 42 and F3B24TB (Aviter GmbH, Berlin, Germany), Double Nickel 55 (Certis Columbia, Maryland, USA). The description of the properties of these biopreparations indicates their main functions, such as: suppression of fungal pathogens on leaves and in the soil; biofertiliser, stimulation of plant growth and protection against soil pathogens; growth stimulator for plants; suppression of fungal and bacterial diseases [7].

Previously, as a result of a multistage screening of soil bacteria of the genus *Bacillus* (antagonistic activity, solubilisation of insoluble phenophosphates), a strain of *Bacillus* sp. 20F was selected [12]. According to the results of polyphasic taxonomic analysis, it was assigned to the species *B. velezensis* [6]. In connection with the above, the aim of this work is to study the strain and indicate the possibility of its application as a growth stimulator and plant biocontrol agent.

Materials and methods. Soil strains of *Bacillus* bacteria from the collection of the Department of Antibiotics, D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine were used for multi-step screening and comparative analysis. Phosphate-mobilising activity was determined by a qualitative method using the colour reaction described in [8]. Specific phytase activity on solid medium and in culture broth was determined according to the methods described in [4, 12]. The antagonistic activity of the strain against phytopathogenic bacteria was evaluated by the radial plating method according to [11]. The antagonistic activity of the *Bacillus* strain against phytopathogenic micromycetes was determined by the conventional dual culture method according to [9]. Genomic DNA was isolated from 24 h bacterial culture using the GeneJet Genomic DNA Purification Kit (ThermoFisher) according to the manufacturer's instructions. Primer sequences of the gene encoding phytase were designed using Primer3 and the MEGA11 program, based on known sequences of this gene deposited in GenBank and KEGG databases. The primer sequences and amplification conditions using primers for the *fenA* and *fenD* genes are presented in [5]. The quantitative amplification method was used to analyse the expression of genes encoding phytase (*phy*) and enzymes of fengycin synthesis (*fenA* and *fenD*). The relative expression level was calculated using the $2^{-\Delta\Delta Ct}$ method. 16S rRNA gene expression was used as an endogenous control. Phytohormones in the culture fluid were determined according to the method described in [13], qualitative and quantitative analysis was performed by HPLC.

Results and discussion. Previous studies on soil strains of *Bacillus* bacteria showed phosphate-mobilising activity in 44 out of 50 strains investigated [12]. In further screening, 5 *Bacillus* strains were selected as having sufficiently high phytase

activity (≥ 1.5) on solid media. Among these strains, 4 showed activity ≥ 2 (relative enzymatic activity D_0/D_k), of which two (*B. velezensis* 20F and *Bacillus* sp. 41) showed maximum activity (2.3-2.4) [2]. In liquid nutrient medium, strain *B. velezensis* 20F showed stable phytase activity (0.05-0.06 enzyme units) on the 2nd and 3rd day of cultivation, which may be related to strain-specific features of exogenous hydrolases synthesis. Thus, among the exoenzymes of strain *B. velezensis* 20F are hydrolases capable of transforming inaccessible organic phosphorus by phytase type. It is known that soil bacteria of the genus *Bacillus* can utilise a wide variety of substrates, which is apparently linked to their saprotrophic mode of existence in a particular environment.

The next stage of the research was to study the antagonistic activity of the strain against phytopathogenic bacteria. Taking into account that test cultures of phytopathogenic bacteria represent the main groups of extremely harmful and dangerous microorganisms, it should be noted that *B. velezensis* 20F showed antagonism to almost all types of test cultures, but at different levels. Weak antagonism (growth inhibition zone, GIZ, of 5-7 mm) was observed against *Pseudomonas fluorescens* (conditional pathogen, polyphage) and *Agrobacterium tumefaciens* (bacterial wood cancer, polyphage). The average level of antagonism (GIZ = 12-18 mm) was found against *Pectobacterium carotovorum* (agent of soft tissue rot of plants, polyphagous) and against the harmful and widespread pathogen *Pseudomonas syringae* (affects more than 50 species, polyphagous). This strain also showed a rather high level of antagonism (GIZ = 26-30 mm) against *Clavibacter michiganensis* (vegetable rot, polyphagous) and *Xanthomonas campestris* (vascular bacteriosis of cruciferous plants, polyphagous). The results suggest that *B. velezensis* strain 20F should be focused on for further investigation of the nature of the antagonism.

When assessing the antagonistic activity of the strain against test cultures of pathogenic micromycetes, it should be noted that its manifestation is quite broad and diverse. The strain studied did not show antagonism to *Rhizoctonia solani*, the causal agent of brown rot and dry rot of plants, which is a facultative parasite – polyphagous and belongs to the dangerous phytopathogens. A low level of antagonism (10%) was observed for *Fusarium oxysporum* on the 7th day of cultivation, and by the 14th day the effect of pathogen growth inhibition had completely leveled off. This *Fusarium* species seems to be characterised by a rather powerful spectrum of tools to overcome bacterial antagonism (mycotoxins, exoenzymes, relative growth rate).

At the same time, it should be noted that the strain showed an average and stable level of antagonism (38-52%) against three test cultures of pathogenic micromycetes: *Cylindrocarpon destructans*, *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana*. The strain showed a high level of antagonism (60-70%) on the 14th day of cultivation against *Botrytis cinerea*, the causal agent of grey rot, which affects more than 200 plant species of different genera.

The data obtained on the antagonism of strain *B. velezensis* 20F suggest that the nature of its manifestation is probably related to the synthesis of antifungal

substances of antibiotic nature, the synthesis of which is characteristic of this species of bacilli [7].

On the basis of the results obtained, it was assumed that the phosphate-mobilising and antagonistic activity of the *Bacillus* strain studied was due to the presence and expression of genes for the synthesis of exogenous phytases and antibiotic compounds, particularly of lipopeptide nature [2]. To this end, a series of molecular genetic studies were carried out using specific primers (DNA markers for producers of exogenous phytases and lipopeptide antibiotics). The *B. methylotrophicus* strain C6, which we have previously studied [9], was used as a positive control, a producer of fengycins.

PCR analysis of *B. velezensis* strain 20F revealed fragments of genes encoding enzymes for phytase and fengycin synthesis, indicating their potential ability to produce these compounds. The transcriptional activity of genes encoding phytase and fengycin synthesis was analysed in three strains that showed relatively high phosphate-mobilising and antagonistic activity [2]. The data obtained indicated that the corresponding genes were actively expressed in the *B. velezensis* 20F strain. The level of their activity changed during 24-48 hours of cultivation of the strain.

One of the important characteristics of bacteria belonging to the operational group *B. amyloliquefaciens* is the ability to synthesise exogenous phytohormones (in particular indole-3-acetic acid (IAA) and its derivatives). For example, it has been reported that the combined inoculation of soybean seeds with *B. velezensis* strain S141 and *Bradyrhizobium diazoefficiens* USDA 110 resulted in stimulation of nodule formation and increased nitrogen fixation efficiency due to the formation of larger nodules [10]. We analysed the culture broth of *B. velezensis* strain 20F (48 hours of cultivation) for the presence of auxin-type phytohormonal compounds. The results of the HPLC analysis showed the presence of 2 types of auxin compounds in the culture fluid, namely indolyl-3-acetic acid hydrazide and indolyl-3-carboxylic acid at concentrations of 9.22 and 10.42 µg/L, respectively. Thus, the results obtained support the assumption that the phytostimulatory activity of the exometabolites of the strain studied may be determined not only by the solubilisation of phosphates, but also by the synthesis of hormonal auxin compounds.

Conclusions. The properties of the *B. velezensis* 20F strain are based on its ability to stimulate plant growth and increase resistance to phytopathogens. The results suggest several mechanisms, including direct (stimulation of plant growth and development) and indirect (enhancement of plant resistance to phytopathogens) pathways of action.

Direct mechanisms include solubilisation of organic phosphates by phytase type and synthesis of exogenous auxin phytohormones. Indirect mechanisms are mainly related to their biocontrol activity, which includes the synthesis of antibiotic compounds in response to biotic stress. The strain studied synthesised antimicrobial compounds (fengycins) with direct biocidal activity against bacteria and micromycetes. At the same time, the interaction of the biocontrol agent with plant

roots induces plant resistance against some competing microorganisms, including pathogenic bacteria and fungi. This interaction with plant roots is mediated by antibiotic agents (particularly fengycins), which act as plant immunity stimulators and thus increase plant resistance to pathogenesis. Such a phenomenon is well known [1] and has been termed induced systemic resistance (ISR) [7].

References

1. Chowdhury, S. P., Hartmann, A., Gao, X., & Borriss, R. (2015). Biocontrol mechanism by root-associated *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 - a review. *Frontiers in microbiology*, 6, 780. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00780>.
2. Dragovoz, I.V., Korzh, Yu.V., Zelena, L.B., Yurieva, O.M., & Avdeeva, L.V. (2023). Comparative phosphate-mobilizing and antagonistic properties of soil strain *Bacillus velezensis* 20F and molecular genetic analysis of their demonstration. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні аспекти мікробіології, вірусології та біотехнології у воєнний та післявоєнний час» («Modern aspects of microbiology, virology and biotechnology in war and post-war period»), Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, 15-16 листопада 2023 р., 65-67.
3. Fan, B., Wang, C., Song, X., Ding, X., Wu, L., Wu, H., Gao, X., & Borriss, R. (2018). *Bacillus velezensis* FZB42 in 2018: The Gram-Positive Model Strain for Plant Growth Promotion and Biocontrol. *Frontiers in microbiology*, 9, 2491. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02491>.
4. GOST R 53360-2009. Enzyme preparations. Methods of detection of phytase activity (2009).
5. Grabova A.Yu., Dragovoz I.V., Zelena L.B., Tkachuk D.M., & Avdeeva L.V. (2016). Antifungal activity and gene expression of lipopeptide antibiotics in strains of genus *Bacillus*. *Biopolymers and Cell*, 32(1), 41-48. <http://dx.doi.org/10.7124/bc.00090B>.
6. Korzh, Y.V., Zelena, L.B., Dragovoz, I.V. & Avdeyeva L.V. (2021). Taxonomic Analysis of *Bacillus* sp. 20F Strain, a Phosphate Mobilizer with Antagonistic Properties. *Cytology and Genetics*, 55, 524–530. <https://doi.org/10.3103/S0095452721060050>.
7. Ngalimat, M. S., Yahaya, R. S. R., Baharudin, M. M. A., Yaminudin, S. M., Karim, M., Ahmad, S. A., & Sabri, S. (2021). A Review on the Biotechnological Applications of the Operational Group *Bacillus amyloliquefaciens*. *Microorganisms*, 9(3), 614. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9030614>.
8. Roy, A.A., Bulavenko, L.V., & Kurdish, I.K. (2001). New strains of soil bacilli which mineralize organic phosphorus compounds. *Mikrobiolochichnyi Zhurnal*, 63(4), 9-14.
9. Savchuk, Y.I., Yurieva, O.M., Syrchin, S.O., Nakonechna, L.T., Tugay, T.I., Tugay, A.V., Tsyhanenko, K.S, Pavlychenko, A.K., & Kurchenko I.M. (2022). *Trichoderma* strains – antagonists of plant pathogenic micromycetes. *Microbiological journal*, 84(1), 24-38. <https://doi.org/10.15407/microbiolj84.01.020>.
10. Sibponkrung, S., Kondo, T., Tanaka, K., Tittabutr, P., Boonkerd, N., Yoshida, K. I., & Teaumroong, N. (2020). Co-Inoculation of *Bacillus velezensis* Strain S141 and *Bradyrhizobium* Strains Promotes Nodule Growth and Nitrogen Fixation. *Microorganisms*, 8(5), 678. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050678>.
11. Грабова, А.Ю., Драговоз, И.В., Крючкова, Л.А., Пасичник, Л. А., & Авдеева Л. В. (2015). Скрининг штаммов бактерий рода *Bacillus* – активных антагонистов фитопатогенов бактериальной и грибной природы. *Мікробіологічний журнал*, 77(6), 47-57.
12. Корж, Ю.В., Драговоз, И.В. та ін. (2021). Фосфатмобілізувальні та анатагоністичні властивості деяких ґрунтових бактерій роду *Bacillus*. *Proceedings of International Scientific Conference*, Kyiv, June 17, 2021, p. 90-92.
13. Хархота, М.А., Рибальченко, Н.П., Грабова, Г.Ю., Авдеева, Л.В. (2021). *Методи дослідження метаболітів бактерій родини Bacillaceae*. Науково-методичні рекомендації. К.: ТОВ ЦП «КОМПРИНТ».

**Beata Koim-Puchowska¹, Piotr Kamiński^{2,3}, Piotr Puchowski⁴, Natalia Kurhaluk⁵,
Tomasz Stuczyński^{6,7}, Halina Tkaczenko⁵**

**ŚRODOWISKOWE UWARUNKOWANIA KONDYCJI ROŚLIN
W WARUNKACH ZASOLENIA**

¹*Kazimierz Wielki University, Department of Biotechnology, Bydgoszcz, Poland,
e-mail: koimpuchowska@ukw.edu.pl;*

²*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of
Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and
Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl;*

³*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences,
Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

⁴*Government Forestry in Toruń, Zamrzenica Forestry District, Byśław, Poland,
e-mail: piotr.puchowski@torun.lasy.gov.pl;*

⁵*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland,
e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl;*

⁶*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences,
Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁷*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health,
Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: pierwiastki chemiczne; halofity; glikofity; stres oksydacyjny; mechanizmy antyoksydacyjne; lipopeoksydacja; prolina; przemysł sodowo-solny; Inowrocławski Region Zagrożenia Ekologicznego

Rośliny reagują najszybciej na zmiany chemiczne w środowisku, ze względu na brak rozwiniętego mechanizmu utrzymującego równowagę jonową. Dlatego stosunkowo szybko zachodzi w nich proces adaptacji, który w konsekwencji rzutuje nawet na dalszy ich rozwój genetyczny. Zmienność reakcji roślin na zasolenie definiuje szeroki zakres tolerancji, od wrażliwych na sól glikofitów do tolerancyjnych halofitów. Biodostępność pierwiastków dla roślin jest uwarunkowana czynnikami glebowymi ale również jest uzależniona od gatunku, organu i fizjologii. Słabe działanie bariery fizjologicznej w roślinach, przy pobieraniu składników chemicznych ze środowiska, stwarza duże ryzyko włączenia pierwiastków toksycznych w system łańcucha troficznego.

Wspólnym elementem odpowiedzi roślin na różne czynniki stresowe jest generowanie reaktywnych form tlenu. Zaburzenie homeostazy reakcji utleniania i redukcji prowadzi do stanu zwanego stresem oksydacyjnym objawiającego się m.in. niespecyficznym utlenianiem lipidów. Produktem lipoperoksydacji jest dialdehyd malonowy. System antyoksydacyjny roślin jest regulowany w zależności od warunków środowiska. Komponentami systemu antyoksydacyjnego są enzymy antyoksydacyjne, m.in. dysmutaza ponadtlenkowa, katalaza, peroksydazy, ale także drobnocząsteczkowe antyoksydanty, m.in. prolina. Prolina jest ponadto najbardziej rozpowszechnioną substancją kompatybilną roślin wyższych.

Celem badań było przeanalizowanie środowiskowych uwarunkowań kondycji (stanu fizjologicznego) dwóch grup ekologicznych roślin (glikofitów i halofitów), rosnących na terenach zróżnicowanych pod względem antropopresji oraz zbadanie zdolności bioakumulacyjnych pierwiastków chemicznych (Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Se, Al, Mo, Pb, Cd, Ni, Cr) przez korzenie i części nadziemne. Ponadto określono wartości parametrów glebowych (odczyn, przewodność elektrolityczna, procentowa zawartość materii organicznej, koncentracja pierwiastków chemicznych w ryzosferze roślin), stopień mobilności wybranych pierwiastków z korzenia do części nadziemnej. Zbadano różnice parametrów morfologicznych (długość pędu), przebiegu mechanizmów obronnych (aktywność dysmutazy nadadtlenkowej SOD, katalazy CAT, peroksydazy askorbinianowej APx, stężenia proliny Pro) oraz zróżnicowania stopnia lipoperoksydacji (stężenie dialdehydu malonowego MDA) u roślin w odpowiedzi na stres środowiskowy. Spośród glikofitów badano bez czarny *Sambucus nigra* (n=81), trzcinę pospolitą *Phragmites australis* (n = 85) i grupę roślin zielnych nie będących krzewami, ani makrofitami (n = 220), tj. krwawnik pospolity *Achillea millefolium*, pokrzywa zwyczajna *Urtica dioica*, ostrożeń polny *Cirsium arvense*, łopian większy *Arctium lappa*. Halofity były reprezentowane przez mannicy odstającą *Puccinellia distans* (n = 28) i soliród zielny *Salicornia europaea* (n = 23). Badania prowadzono na obszarze tzw. Inowrocławskiego Regionu Zagrożenia Ekologicznego: 1) okolice zakładów sodowych (SM); 2) wysypiska i tereny sąsiadujące (AE); 3) okolice zbiorników/cieków wodnych (WE), obszary użytkowane rolniczo (AGRE); 4) środowisko kontrolne (C) stanowiły tereny Borów Tucholskich.

Próby gleb poddano suszeniu przy użyciu suszarki laboratoryjnej typu Memmert (do stałej masy; temperatura 65°C), następnie homogenizowano w moździerzku oraz przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm. Korzenie oczyszczono z resztek gleby pod strumieniem wody bieżącej oraz przepłukano trzykrotnie wodą destylowaną. Podobnie części nadziemne przepłukano trzykrotnie wodą destylowaną. Materiał rozdzielono na dwie części. Część przeznaczoną do analiz biochemicznych poddano homogenizacji i przechowywano zamrożoną w temperaturze -80°C. Część przeznaczona do analiz pierwiastków chemicznych została wysuszona podobnie, jak próby gleb w temperaturze 65°C za pomocą systemu Memmert i była homogenizowana w moździerzku. Koncentrację pierwiastków chemicznych zbadano za pomocą metody ICP MS przy użyciu aparatu AGILENT 7500CE, po wcześniejszej mineralizacji materiału. Odczyn gleby (pH) określono za pomocą pH-metru w roztworze 1M KCl (pomiar kwasowości potencjalnej) i wodzie destylowanej (pomiar kwasowości czynnej) metodą potencjometryczną. Zasolenie (Ec) gleb zbadano metodą konduktometryczną. Również określono % węgla organicznego za pomocą metody prażeniowej (Szczepaniak 1996, Więckowska 1997). Analizę aktywności enzymów, zawartości dialdehydu malonowego, proliny wykonano w supernatancie uzyskanym z pobranego materiału roślinnego ściśle według dostępnych metodyk: Beauchamp, Fridovich (1971) (dysmutaza nadadtlenkowa), Aebi (1984), Scebba (1998) (katalaza), Nakano, Asada (1981)

(peroksydaza askorbinianowa), Heath, Packer (1967), Okhawa i in. (1979) (dialdehyd malonowy), Bates i in. 1973 (prolina). Analizę statystyczną (poziom istotności $\alpha=0,05$) wykonano, stosując program STATISTICA, v. 10.0 oraz Microsoft Office Excel 2009.

Badania wykazały 1) wzrost odczynu (pH) gleb i zasolenia (Ec) na obszarach silnie związanych z gospodarką sodową (SM, AE); 2) wzrost stężenia K, Mn w glebie na terenach użytkowanych rolniczo (AGRE); 3) intensywny stopień fitoakumulacji Na, K, Ca, Mg Cr, Ni, Cd, Cu, Zn, Mo, Se, Mn, słaby i średni stopień akumulacji Co, As, Al, słaby stopień akumulacji Pb i Fe w zależności od organu, gatunku/grupy roślin i środowiska; 4) zwiększoną mobilność (współczynnik translokacji $WT>1$) Na (szczególnie soliród zielny), Cd, Se (soliród zielny), Mo i zmniejszoną mobilność ($WT<1$) Fe, Co, Al, As, Ni, Cr, Pb oraz Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Se (zwłaszcza mannica odstająca); 5) wyższy stopień lipoperoksydacji w częściach nadziemnych glkofitów i mannicy odstającej względem soliroda zielnego w środowiskach silnie zmienionych antropogenicznie (SM, AE); 6) wyższe stężenie proliny głównie w organach trzciny pospolitej wraz ze wzrostem zanieczyszczenia środowiska; 7) wyższy poziom Na i Cd w organach soliroda zielnego względem pozostałych roślin; 8) krótsze pędy glkofitów w środowiskach zasolonych; 9) liczne interakcje ujemne i dodatnie pomiędzy stężeniem Na, K, Ca, Mg i stężeniem Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Se, Al, Mo, Pb, Cd, Ni, Cr; 10) liczne interakcje dodatnie i ujemne pomiędzy koncentracją pierwiastków chemicznych i parametrami biochemicznymi (dysmutazą ponadtlenkową, katalazą, peroksydazą askorbinową, dialdehydem malonowym, prolina).

Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, iż przemysł sodowo-solny oddziałuje znacznie na stan środowiska Kujaw poprzez zmianę chemizmu gleb, co wpływa na fitoakumulację pierwiastków chemicznych i stanowi ryzyko włączenia toksycznych metali śladowych w łańcuch troficzny. Wysoki stopień lipoperoksydacji i zmiany morfologiczne glkofitów stanowią dowód na niedostateczne funkcjonowanie mechanizmów antyoksydacyjnych w zmienionych antropogenicznie środowiskach. Z kolei soliród zielny jest gatunkiem charakteryzującym się potencjalnymi możliwościami fitoremediacyjnym Cd oraz kumulującym Na w celu osmoregulacji. Jednocześnie spadek zasolenia gleby może powodować ekspansję trzciny pospolitej na tym obszarze, ze względu na duże zdolności przystosowawcze tego gatunku również do bytowania w terenach zasolonych (m.in. kumulacja proliny), a tym samym wyparcie tego bardzo rzadkiego halofitu.

Zależności pomiędzy poziomem pierwiastków chemicznych, aktywnością enzymów antyoksydacyjnych i intensywnością lipoperoksydacji u różnych grup roślin, sugerują współdziałanie i wzajemną regulację oddziaływań pierwiastków i mechanizmów obronnych u roślin w warunkach stresu środowiskowego. Badania wymagają kontynuowania.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Beata Koim-Puchowska³, Piotr Puchowski⁴, Natalia Kurhaluk⁵,
Tomasz Stuczyński^{6,7}, Halina Tkaczenko⁵**

**PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF PLANTS IN NATURAL SALINE
ENVIRONMENTS**

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl;*

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Kazimierz Wielki University, Department of Biotechnology, Bydgoszcz, Poland, e-mail: koimpuchowska@ukw.edu.pl;*

⁴*Government Forestry in Toruń, Zamrzenica Forestry District, Byśław, Poland, e-mail: piotr.puchowski@torun.lasy.gov.pl;*

⁵*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland, e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl;*

⁶*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁷*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Keywords: *antioxidants; ecophysiological enzymatic responses; plants; chemical elements; salinity; alkalinity; halophytes; glycophytes*

Plants growing in natural saline environments face unique physiological challenges that significantly affect their growth, development and overall survival. Salinity, characterised by high concentrations of soluble salts in soil or water, disrupts plant water uptake, ion homeostasis and nutrient availability. These stresses can lead to osmotic imbalances, ion toxicity and oxidative stress, which, if left unchecked, can severely reduce plant productivity. Understanding how plants respond to these adverse conditions is critical to improving agricultural sustainability, particularly in regions where saline soils or water sources are prevalent.

Saline environments are widespread worldwide and their extent is increasing due to factors such as climate change, irrigation practices and land degradation. Plants inhabiting these environments have developed a range of adaptive strategies, including osmotic adjustment, selective ion uptake, salt exclusion and the synthesis of compatible solutes, to mitigate the negative effects of high salinity. The study of these physiological responses not only provides insights into plant survival mechanisms, but also has important implications for crop improvement. Improving salt tolerance in economically important species could help secure food production in saline regions.

We established enzymatic antioxidant mechanisms and responses in plants of differentiated ecological groups subjected to destabilization of chemical elements management in natural conditions. We studied antioxidant enzymes supra-oxygen

dismutase (SOD), catalase (CAT), and ascorbate peroxidase (APOX), and the content of malondialdehyde (MDA) variations in different groups of glycophytes Creeping thistle *Cirisium arvense*, Common nettle *Urtica dioica*, Yarrow *Achillea millefolium*, and Burdock *Arctium lappa* in various types of environments: 1) strong salted and alkaline (sodium manufactures SM); 2) anthropogenic and salted environments (AE); 3) wetlands (WE); 4) agricultural environments (AGRE) and 5) not polluted environments (control; C) in Pomeranian region of middle Poland.

Simultaneously, we examined relationships between elements and antioxidant enzymes activity and the level of lipoperoxidation in roots and green parts of halophyte Common glasswort *Salicornia europaea* from only saline environments (SM, AE). We also examined the concentrations of chemical elements Na, Ca, Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, Cr, Ni, Cd, and Pb in roots and green parts of plants as probably the factor generated reactive oxidant species and thus activated enzymatic antioxidant mechanisms. We compare environmental and ecophysiological determinations of plant groups under salinity and acidity and their adaptation strategies. This research has been carried out in order to explanation whether the consideration of particular relationships between destabilization of free radicals homeostasis are connected with the excess of Na and Ca and pro-antioxidant balance of plants.

Soils samples were air-dried, homogenized and sieved. The electrolytical conductivity of soil (Ec) was measured by conductivity-meter (Elmetron CC-401). Soil pH was determined in bi-distilled water with a potentiometric glass electrode by pH-meter (Elmetron C-501). Samples of plants (green parts and roots) were collected from randomly selected plants at midday. The washed roots and shoot samples were divided into two parts. Mineralized samples of soils and plants were analyzed using inductively coupled plasma mass spectrometry ICP-MS.

To determine SOD and CAT activities in roots and green parts of plants were homogenized. During homogenization polyvinyl-pyrrolidone (PVP) was added (Mishra et al. 2008). For APOX assay the roots and green parts were homogenized according to Juszczuk et al. (2001). Protein content in the supernatant was measured according to Bradford (1976). APOX activity was measured according to the method by Nakano and Asada (1981). The intensity of lipid peroxidation was estimated following the method by Okhawa et al. (1979).

Positive and negative correlations between the level of chemical elements and antioxidative responses of plants indicate the complexity of enzymatic antioxidative processes and simultaneously the participation of chemical elements, which does not influence lipid peroxidation but stimulate or injure SOD, CAT or APOX activity. However, the concentrations of Na, Ca, Cu and Fe stimulate lipoperoxidation but can also mobilize antioxidant responses of glycophytes in natural salted region, whilst Cd in the control environment influence MDA content and increasing APOX activity in roots of glycophytes. Simultaneously, this toxic metal may impact the activation of many oxidant ways in organs of glycophytes and it depend on the environmental conditions (pH, Ec).

Na and Ca concentrations rather stimulate enzymatic antioxidant mechanisms activity, especially in disturbed environments, and they can also stimulate the transition metals which causing increase or decrease of antioxidant enzymatic activity. However, Cd and Pb can defect the activity of APOX and CAT in organs of glycophytes, which is opposite to SOD activity. Similarly, in the organs of Common glasswort, Fe, Zn, and Cu level can stimulate SOD activity but they can also inhibit CAT activity. These processes depend on the environmental factors (pH, Ec) and types of plant organs and toxic heavy metals Cd and Pb. They defect APOX and CAT activity but influence the increase of SOD. We also found correlations between APOX and calcium concentration (alkalinity) in shoots of Common glasswort and in the green parts of glycophytes.

The differences in MDA content and SOD activity either in roots or in green parts of glycophytes indicate that plants can probably mitigate the oxidative damage initiated by reactive oxygen species by complexes of defensive enzymatic antioxidative system. Instead we found only the differences between MDA content (higher in shoots from anthropogenic than in more salted environments) but the activity of SOD, CAT and APOX didn't differ in organs of Common glasswort. This indicates the impact of other factors than examined elements influenced higher level of lipoperoxidation in the anthropogenic environments.

Antioxidant enzymatic activity did not differ significantly between plants organs in examined environments except of SOD and APOX in strong salted environment (SM). We found higher level of these enzymes in leaves than in roots of plants. It was probably related with Ca and also Cu, Zn, and Cd concentrations. However, the intensity of lipoperoxidation was significant higher in the green parts of glycophytes (anthropogenic, agricultural environments), which is opposite to common glasswort. Instead in glycophytes avoiding sodium to maintain ionic homeostasis we found higher Na concentrations in roots and leaves of halophytes (Common glasswort) than in glycophytes.

We can conclude that glycophytes subjected to higher salinity stress develop probably higher level of ROS, thus lipoperoxidation in their organs (except of green parts in AE) is higher than in halophytes. On the other hand, APOX activity is higher in roots of halophytes than in glycophytes in both environments in opposite to their green parts. We thus can suspect that this is connected with higher concentrations of Ca (alkalinity) and elevated salinity effect indicated APOX activity in the green parts of plants more sensitive on salt damage than roots. Similarly, CAT activity is also higher in the green parts of glycophytes than in halophytes. This indicate that glycophytes are better adaptation to stressful conditions, however there are many indistinct questions required to estimation.

In conclusion, this study provides valuable insights into the physiological responses of plants in saline environments, particularly the variation in antioxidant enzyme activity between different ecological groups of plants. We observed that glycophytes and halophytes use different strategies to cope with salinity-induced

oxidative stress, with glycophytes showing higher levels of lipoperoxidation in response to salinity, whereas halophytes show robust APOX activity in their roots. The research highlights the critical role of specific ions such as Na, Ca, Fe and Zn in modulating enzymatic responses, which vary depending on environmental conditions such as soil pH and electrolyte conductivity (Ec). In particular, the higher SOD and APOX activity in the leaves of glycophytes in high-salt environments suggests an enhanced capacity for oxidative defence, although the mechanisms remain complex and are influenced by environmental variables. These findings underline the adaptive differences between glycophytes and halophytes and highlight the need for further investigation of the interaction between antioxidant systems and ion homeostasis to fully understand plant resilience in saline habitats.

Andrii Kovtun

METHODOLOGY OF COMPLEX ENTOMONEMATOLOGICAL MONITORING OF AGROCENOSES

Odesa State Agrarian University, 65012 Odesa, Ukraine

E-mail: andrii_kovtun@ukr.net

Keywords: *monitoring, entomopathogenic nematodes, Nematoda, agrocenoses*

Introduction. Recently, a special direction in modern nematology has been connected with the development of methods of biological control of pests with the help of nematodes – parasites (pathogens) of insects, which cause nematode infections (i.e. nematodes) [1]. As early as in 1946, academician K.I. Skryabin – the founder of the complex (biological-medical-veterinary-phytopathological) theoretical and applied helminthological science – stressed that the study of helminths that parasitise insects and cause their death is not only of great theoretical importance, but also essential for future applied problems, as he believed that such studies could serve as a basis for the development of effective biological methods of controlling many species of insects - pests of agricultural, horticultural and forest crops.

The ecological group of entomonematodes consists of representatives of various taxa, of which two families of rhabditids – Steinernematidae Chitwood et Chitwood, 1937 (= Neoaplectanidae Sobolev, 1953) and Heterorhabditidae Poinar, 1976 (Nematoda: Rhabditida), which are defined as ‘entomopathogenic nematodes’ (hereinafter – EPN), deserve special attention [1].

Our long-term nematological studies of various agrocenoses of Ukraine have shown that entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida) are an integral part of their biota [2, 3]. The most common among them were members of the genus *Steinernema* (Steinernematidae) – *S. carpocapsae* (Weiser, 1955) Wouts et al., 1982 and *Steinernema* ex gr. ‘glaseri’ (or as ‘glaseri-like’ group), as well as one species of the genus *Heterorhabditis* (Heterorhabditidae) – *H. bacteriophora* Poinar, 1976.

Today, the whole approach to crop protection is gradually changing. The main point of the new strategy is not to eliminate pests completely, but to manage their

numbers. The emphasis is on restoring, preserving and maintaining, as far as possible, the self-regulation of biocenoses and, more specifically, those driving forces in them that can limit the mass reproduction of pests. This goal can only be achieved through a set of appropriate means and techniques selected on the basis of a thorough knowledge of the processes in biocenoses (including agrocenoses). In this concept, called 'integrated plant protection', it is reasonable to include EPN as one of the components. In this paper, we aim to propose a comprehensive approach for the theoretical and methodological support of entomonematological monitoring in agrocenoses.

Materials and methods. The methodological basis of the study is based on modern scientific works of domestic and foreign scientists on the peculiarities of detection and identification of entomopathogenic nematodes of the families Steinernematidae and Heterorhabditidae, as well as data from our own long-term studies on the study of entomopathogenic nematodes in agrocenoses of Ukraine (2016-2023). Research methods include a systematic approach, comparative analysis and generalisation.

Results and discussion. According to our data from selective surveys of agrocenoses of field crops and perennial plantations in Ukraine, it was found that entomopathogenic nematodes (Steinernematidae, Heterorhabditidae) are an integral part of the heterotrophic part (microbiota) of agrocenoses, with a rather high frequency of occurrence ($\approx 15\%$ of positive samples from the total number of samples). Nematological studies carried out in the agrocenoses of Ukraine allowed us to identify the main genera and species of entomopathogenic nematodes (EPN) and to understand their distribution [2, 3]. In contrast to agrocenoses of arable crops, where representatives of the genus *Steinernema* dominated among EPN, representatives of the genus *Heterorhabditis* dominated among this group of nematodes in agrocenoses of perennial plantations (orchards, ornamental plantations). As for the species composition of the EPN, the species *Steinernema carpocapsae* was common in both cases.

The most challenging work in the first phase was the identification of areas and the selection of sustainable criteria (characteristics) for the overall monitoring structure, which would ensure objective and reliable information (Fig. 1). Based on the system of monitoring of phytoparasitic nematodes developed in the Laboratory of Nematology of the Institute of Plant Protection of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine [4], we have carried out a certain transfer of the methodology of nematological monitoring, and created the basis for a fundamentally new scheme – entomonematological monitoring of nematodes - insect pathogens (Nematoda: Rhabditida) – from the detection and isolation of entomopathogens to the analysis (evaluation) of predictors necessary for the preservation and improvement of their effectiveness in agrophytocenoses. Some stages have been adapted (refined) to take into account the biological and ecological characteristics of the target entomopathogens [5].

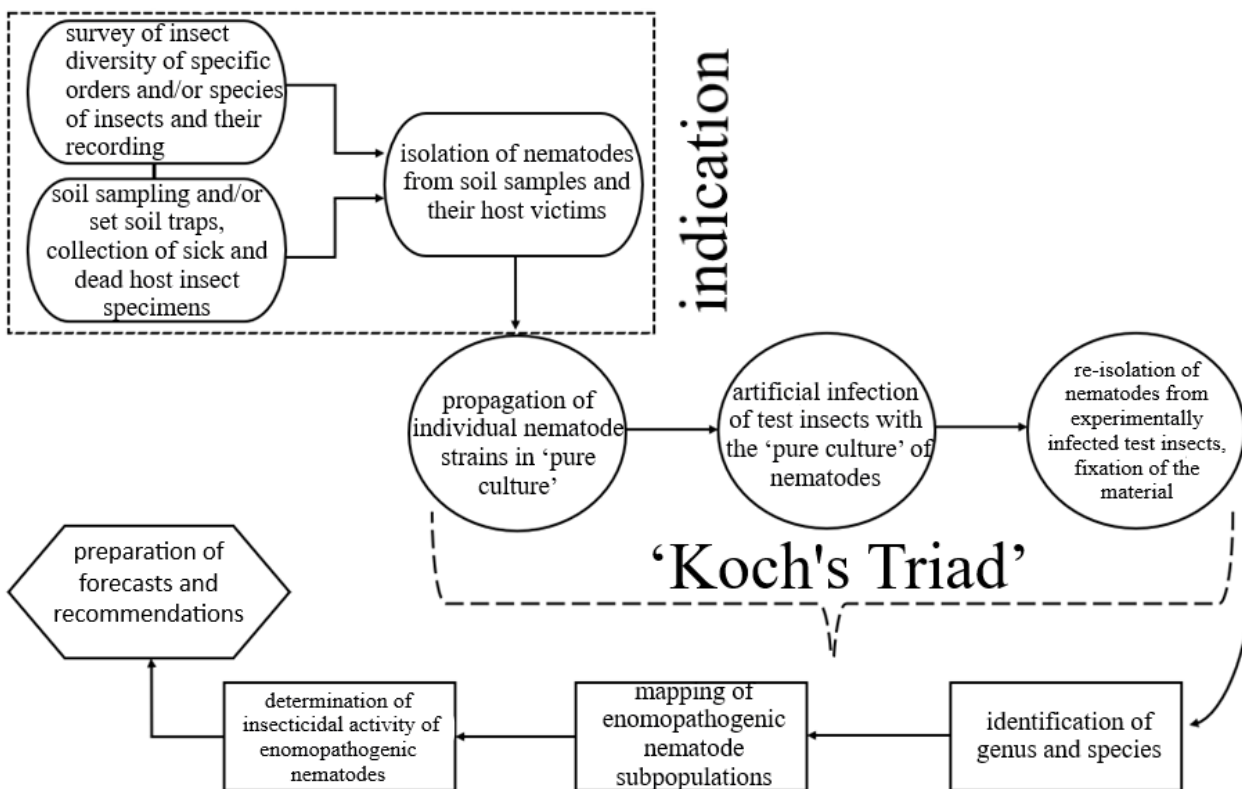


Fig. 1. Conceptual scheme of entomonematological monitoring in agroecosystems. *Original.*

The whole monitoring process involves ten consecutive steps, carried out in a clear sequence:

- (1) Survey and record insect microenvironments;
- (2) Soil sampling and/or soil trapping, collection of dead host insect specimens;
- (3) Isolation of nematodes from soil samples and their host victims;
- (4) Reproduction of identified nematode isolates in "pure culture";
- (5) Artificial infection of test insects with the "pure culture" of nematodes;
- (6) Re-isolation of nematodes from experimentally infected test insects, fixation of the material;
- (7) Identification of genus and species;
- (8) Mapping of enomopathogenic nematode subpopulations;
- (9) Determination of biopotential (insecticidal activity) of enomopathogenic nematodes;
- (10) making predictions and recommendations.

[Note: (1), (2), (3) are carried out in the field and in the laboratory, which can be conditionally combined under the general name 'indication'; (4), (5), (6) are carried out in the laboratory and their main content is to meet the classical postulates of Koch ('Koch's Triad') - criteria for establishing a cause-effect relationship between a microorganism and a disease].

The basic principles of monitoring are observed, in particular the continuity of monitoring and the frequency of obtaining information about the object of monitoring.

Conclusions. Thus, entomonematological monitoring is a rather complex phenomenon that is interdisciplinary in nature, and each stage of monitoring has its own characteristics. The comprehensive, multi-stage monitoring system we propose helps to identify natural beneficial bioagents – entomopathogenic nematodes – and also to predict their potential impact on the viability of local pests in agrocenosis.

Acknowledgements. The author would like to thank the former members of the Laboratory of Nematology, Institute of Plant Protection, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine for their contributions to the improvement of many of these steps of the monitoring process.

References

1. Tarasco, E., Fanelli, E., Salvemini, C., El-Khoury, Y., Troccoli, A., Vovlas, A., & De Luca, F. (2023). Entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria: from genes to field uses. *Frontiers in insect science*, 3, 1195254. <https://doi.org/10.3389/finsc.2023.1195254>.
2. Sigareva, D.D., Kovtun, A.M., & Korniyushin, V.V. (2019). Occurrence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steienernematidae, Heterorhabditidae) from agricultural ecosystems in Forest (Polissya) and Forest-Steppe natural zones of Ukraine. *Vestnik Zoologii*, 53, 285-296. <https://doi.org/10.2478/vzoo-2019-0028>.
3. Ковтун, А.М. (2023). Нові знахідки локалітетів ентомопатогенних нематод родів *Steinernema* та *Heterorhabditis* (Nematoda: Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) фауни України. *Карантин і захист рослин*, 2(273), 39-45. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2023.2.39-45>.
4. Борзих, О.І., Пилипенко, Л.А., Сігарьова, Д.Д., Ковтун, А.М. (2017). *Сільськогосподарська нематологія*. Аграрна наука.
5. Ковтун, А.М. (2024). Індикація та ідентифікація ентомопатогенних нематод Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae (огляд літератури). *Карантин і захист рослин*, 4(275), 21-31. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2023.4.21-31>.

Volodymyr Polovyi¹, Liudmyla Yashchenko¹, Nadia Yuvchik²

WINTER WHEAT QUALITY AND ECONOMIC VIABILITY OF DIFFERENT MINERAL FERTILIZER RATES ON LIMED RETISOL

^{1,2}*Institute of Agriculture of Western Polissia of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Rivne St. 5, Shubkiv vill., Rivne dist., Rivne region, Ukraine;*

³*National University of Water and Environmental Engineering, Soborna St. 11, Rivne, Ukraine*

E-mail: ^{1,2}rivne_apv@ukr.net, ³n.o.yuvchik@nuwm.edu.ua

Keywords: *winter wheat, fertilizers, protein, "raw" gluten, economic efficiency*

Introduction. Wheat, along with maize and rice, is one of the major cereal crops dominating world agriculture, accounting for almost 90% of cereal production. However, it occupies almost 30% of the arable land used for cereals, highlighting its crucial role in human nutrition [1]. Cereals are a staple food and provide a significant proportion of human energy needs. Bread made from cereal flour has a high nutritional value due to its well-balanced protein to starch ratio, typically between 1:6 and 1:8 [2].

The global market prioritises several key wheat grain quality indicators, including percentage of impurities, bulk density, moisture content, gluten content and protein mass fraction. Gluten content, for example, determines baking and confectionery properties, and protein content determines the biological value of the finished product [3, 4]. Cereal quality also has a significant impact on market prices. In a competitive market economy, high product quality ensures stable producer profits [5].

Optimising the genetic yield potential of varieties is a key concern, especially in the face of global climate change. Scientists are paying considerable attention to this aspect [6]. Well-designed agricultural technology, including variety selection, forerunner selection, nutrient management, crop protection and others, is critical to achieving high quality grain [7, 8]. Scientific research shows that fertiliser, especially nitrogen fertiliser, is the most effective agricultural technique for forming the protein-gluten complex of high quality grain in strong and valuable wheat varieties. Their use increases the protein content in the grain by 3-4%, gluten by 4-7% and improves baking properties [9]. However, scientists emphasise the need for a comprehensive nutritional approach to ensure the full productivity of wheat varieties. Research by Silifonov T. et al [10] shows that while nitrogen fertilisation at 75 kg·ha⁻¹ increased protein content to 15.4%, a rate of 150 kg·ha⁻¹ achieved 15.9%. The combination of nitrogen fertiliser with phosphorus and potassium further increased the protein content by 0.2-0.5 absolute % compared to the use of nitrogen fertiliser alone [10].

Therefore, the development of measures to improve winter wheat grain yield and quality while minimising resource use and costs is an urgent and practically important task. This research investigates the effects of different mineral fertiliser application rates on the yield, grain quality and cultivation efficiency of winter wheat grown on Retisol soils.

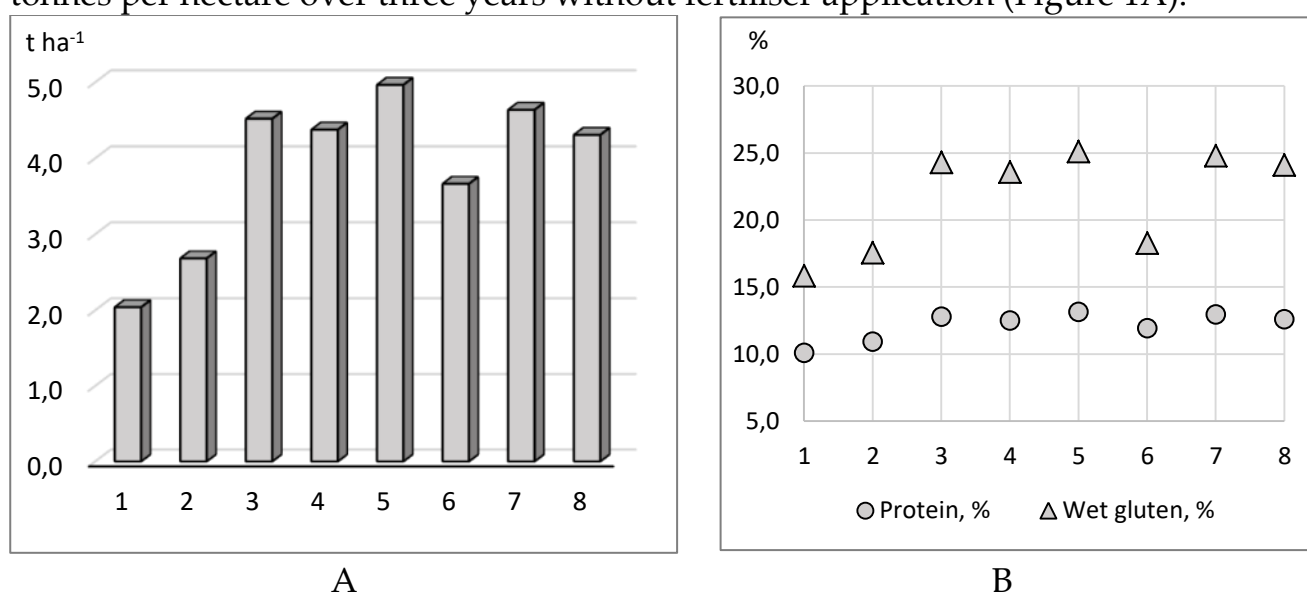
Materials and methods. The study was conducted at the Institute of Agriculture of the Western Polissia of the National Academy of Agrarian Sciences (NAAS) on Retisol with low content of easily hydrolyzable nitrogen compounds, very high mobile phosphorus, and medium mobile potassium. The acidity of the soil solution was strongly acidic (pH 4.05, H⁺ 2.0 mmol/100 g of soil). Considering the obtained parameters of the initial soil, liming was carried out before sowing winter wheat at a rate determined by the hydrolytic acidity (Hh). The following calcareous material was used: dolomite lime (CaMg(CO₃)₂) and limestone CaCO₃. The fertilization scheme for winter wheat on the background of liming and incorporation of the predecessor's residues, which was soybean, included variants with different fertilizer rates: recommended for the Polissia zone (recom.); determined by the normative level of NPK removal taking into account the level of soil nutrient supply: for the formation of 5 t·ha⁻¹ of grain with the corresponding amount of by-products (norm. GS), and only for the 5 t·ha⁻¹ of main product (norm. G). Mineral fertilizers were applied in the form of ammonium nitrate, ammonium phosphate, and potassium chloride. PK fertilizers were applied during plowing, N fertilizers were applied three times: N₄₀ for

cultivation fertilization, N₆₀ in early spring at the stage of resumed plant growth, and the remainder at the stage of stem elongation before ear emergence. Micronutrient nutrition was provided by foliar fertilization with Nutrivant universal microfertilizer (MF) twice at a rate of 2 kg·ha⁻¹ in the phases of spring tillering (BBCH 25-27) and emergence into the tube (BBCH 33-35).

The experiment included the following treatment options: 1) without fertilizers (control); 2) CaMg(CO₃)₂ (1.0 Hh); 3) CaMg(CO₃)₂ (1.0 Hh) + N₁₂₀P₆₀K₉₀ (recom.) + MF; 4) CaMg(CO₃)₂ (1.0 Hh) + N₁₃₀P₂₅K₃₅ (norm. G) + MF; 5) CaMg(CO₃)₂ (1.0 Hh) + N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ (norm. GS) + MF; 6) CaMg(CO₃)₂ (1.0 Hh) + N₁₃₀ (norm. G) + MF; 7) CaMg(CO₃)₂ (1.5 Hh) + N₁₂₀P₆₀K₉₀ (recom.) + MF; 8) CaCO₃ (1.0 Hh) + N₁₂₀P₆₀K₉₀ (recom.).

Grain yield was measured by weighing the entire harvest from the accounting area. The protein content of the wheat grain was determined by the Kjeldahl method, and the wet gluten content was determined by weighing the gluten mass after manual washing. Calculations of economic efficiency were carried out according to the technological map of wheat cultivation at the prices prevailing at the time the research was completed.

Results and discussion. The experimental soil had naturally low levels of organic matter and nitrogen. As a result, winter wheat yields averaged only 2.04 tonnes per hectare over three years without fertiliser application (Figure 1A).



Note: 1–8 variants of the research scheme

Fig. 1. Winter wheat grain yield (A) and quality indicators (B) averaged over 2021-2023

Liming with CaMg(CO₃)₂ (1.0 Hh) resulting in a 31.5 % increase in winter wheat grain harvest over a three-year period compared to no fertilizer. The yield increase was 0.64 t ha⁻¹ compared to no fertilizer over the three years. In studies by Tang et al. liming increased yield of wheat by 25% compared to the no lime control [11]. But Mills et al. reports that soil liming was profitable when above-average crop yields or

above-average prices [12]. However, adding liming material helped create a better environment for mineral fertilizers to work effectively.

Applying background $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1.0 Hh) in conjunction with $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (recom.) and MF further boosted grain yield by an average of $1.84 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (68.5 %), compared to background alone. But increasing the $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ application rate to 1.5 Hh or applying CaCO_3 at a rate of 1.0 did not lead to a significant additional increase in grain yield.

The grain yield difference between the calculated fertilizer dose focused on grain uptake NPK ($\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$) and the $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (recom.) did not exceed the experiment's margin of error. This suggests that the recommended phosphorus and potassium (P60K90) levels in the fertilizer system may primarily promote total plant biomass rather than grain yield.

In winter wheat cultivation, not only the yield level but also the grain quality is crucial, as it determines the market value of the product. Protein and gluten content in the grain determine its suitability for various purposes, such as bread, pasta, and feed. Accordingly, the pricing policy for these products will vary.

Fodder grain was obtained in the control and with the application of $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1.0 Hh), highlighting the importance of additional mineral nutrition for winter wheat (Fig. 1B). The highest protein and wet gluten content was observed in the variant combining $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1.0 Hh) with an $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ (norm. GS) and MF, reaching 13.1% and 25.1%, respectively. Increasing the $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ rate to 1.5 Hh or applying CaCO_3 at 1.0 Hh did not significantly affect quality indicators compared to other variants, except for the control and background. On average from 2021 to 2023, with both $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ and CaCO_3 applied along with different NPK fertilizer application rates, the obtained grain met the II quality grade according to DSTU standards [13].

The cost of fertilizers had a greater impact on the economic efficiency of winter wheat cultivation. In the variant with $\text{N}_{150}\text{P}_{50}\text{K}_{125}$ (norm. GS) and MF applied against a background of $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1.0 Hh) liming, the cost of yield increased by 5.22 times compared to the baseline. However, fertilizer costs rose by a steeper 15.2 times, making this system less profitable despite higher grain yield.

Similarly, using only nitrogen fertilizers for winter wheat, though common among producers, is unattractive. The resulting grain quality loss (grade III by DSTU) reduces the profitability of the wheat harvest.

The most optimal treatment, considering both product quality and cultivation efficiency of winter wheat, was the application of mineral fertilizers $\text{N}_{130}\text{P}_{25}\text{K}_{35}$ (norm. G) combined with MF against a background of $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1.0 Hh) liming. Reducing phosphorus and potassium in the fertilizer application by returning straw to the soil lowered fertilizer costs by 20%, bringing the production cost down to 2773 UAH t^{-1} . This came with a minimal grain yield decrease of only 5.57% over three years compared to the treatment using the recommended fertilizer rate. Babich et al. in studies with triticale too recognized that the most profitable fertilizer application

treatment may be the one with a lower yield and production value, but which had the most favorable values of economic efficiency indicators [14].

Conclusions. Fertilizer costs were a major factor in economic efficiency. Applying the N₁₅₀P₅₀K₁₂₅ fertilizer rate (norm. GS) in conjunction with liming and micronutrients increased yield, but the significant rise in fertilizer costs made it less profitable.

The most economically efficient treatment balanced yield, quality and cost. It involved applying N₁₃₀P₂₅K₃₅ fertilizers (rate by the normative method of NPK removal by grain) with micronutrients on limed soil CaMg(CO₃)₂. Reducing phosphorus and potassium application by returning straw to the soil lowered fertilizer costs by 20% with only a minimal yield decrease (5.57%) compared to the recommended rate and achieving II grade of grain quality met the DSTU standard.

Using only nitrogen fertilizers N₁₃₀, although practiced by some, is not recommended. This approach reduces grain quality (grade III) and consequently, market value.

References

1. Langridge, P., Alaux, M., Almeida, N.F., Ammar, K., Baum, M., Bekkaoui, F., Bentley, A.R., Beres, B.L., Berger, B., Braun, H.-J., et al. (2022). Meeting the Challenges Facing Wheat Production: The Strategic Research Agenda of the Global Wheat Initiative. *Agronomy*, 12, 2767. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112767>.
2. Barabolia, O.V., Tatarko, Yu.V., & Antonovskiy, O.V. (2020). The influence of variety features of winter wheat grain on the quality of bakery properties. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (4), 21–27. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.02>.
3. Головка, М.В., & Чекмасова, І.А. (2020). Забезпечення конкурентоспроможності української пшениці на світовому ринку. *Вісник НТУ «ХПІ» (економічні науки)*, 5, 53–56. <https://doi.org/10.20998/2519-4461.2020.5.53>.
4. Любич, В.В. (2021). Сучасні досягнення круп'яного виробництва. *Вісник Уманського НУС*, 1, 78–82. URL: <http://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/8700>.
5. Федуняк, І., & Пасемник, В. (2020). Якість зерна як головний ціноутворюючий фактор. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/17422/1/Fedunyak%20244-246.pdf>.
6. Демидов, О.А., Лось, Р.М., Дубовик, Н.С., Гуменюк, О.В., Кириленко, В.В., Правдзіва, І.В., & Власенко, І.С. (2023). Формування показників якості зерна сортів пшениці озимої (*Triticum* L.) залежно від агротехнічних і екологічних чинників. *Агроекологічний журнал*, (2), 141-149. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283706>.
7. Марковська, О.Є., & Гречишкіна, Т.А. (2020). Якість зерна сортів пшениці озимої залежно від удобрення та захисту рослин від хвороб в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*, 114, 77–84. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.11>.
8. Шувар, А.М., Беген, Л.Л., Тимків, М.Ю., & Войтович, Р.М. (2018). Формування врожаю і якості зерна пшениці озимої залежно від строків сівби та рівня живлення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*, (63), 161-173. URL: <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/wp-content/uploads/zbirnik/63ua/16.pdf/>
9. Кононюк Л.М., Корсун С.Г., Давидюк Г.В. (2014). Врожайність та якість зерна пшениці озимої залежно від технології вирощування в Правобережному Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*, 4, 46–54.

10. Silifonov T., Hospodarenko H., Liubych V., Polianetska I., & Novikov V. (2021). Yield and grain quality of maturing stages of soft winter wheat with different fertilizer systems in crop rotation. *Agrobiology*, 2, 146–156.
11. Tang, C., Rengel, Z., Diatloff, E., & Gazey, C. (2003). Responses of wheat and barley to liming on a sandy soil with subsoil acidity. *Field Crops Research*, 80(3), 235-244. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00192-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00192-2).
12. Mills, B., Brorsen, W., & Arnall, B. (2020). The profitability of variable rate lime in wheat. *Precision Agriculture*, 21, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09674-6>.
13. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови [Чинний від 2019-05-22]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 15 с.
14. Babić, V., Rajicic, V., Terzić, D., Dugalić, M., Djuric, N., Vučić, M. (2023). The influence of calcification and NPK fertilizers on the economics of triticale production. *Ekonomika poljoprivrede*, 70, 201-216. <https://doi.org/10.59267/ekoPolj2301201B>.

**Oleksandr Shablia, Volodymyr Knych, Nadia Kosenko, Vasyl Kokoiko,
Nataliia Valentiuk**

**ASSESSMENT OF THE QUALITY OF WINTER SQUASH (*CUCURBITA
MOSCHATA*) IN THE CONDITIONS OF MILITARY OPERATIONS IN THE
SOUTH OF UKRAINE**

*Institute of Climate Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of
Ukraine, Khlybodarske, Bilyavsky district, Odesa region, 67667, Ukraine*

E-mail: 2412-79@ukr.net; knysch.v@ukr.net; ndz.kosenko@gmail.com;

vasilvasilyovich@ukr.net; naval100@ukr.net

Keywords: *winter squash, Cucurbita moschata, product quality, product safety, pesticides, toxic elements*

Introduction. Russia's unprovoked war of aggression against Ukraine has caused and continues to exacerbate the negative impact on global and national food and environmental security of the soil and land resources that constitute Ukraine's national wealth. Thousands of hectares of Ukrainian land were bombed during Russia's full-scale invasion of Ukraine. And hundreds of thousands of hectares on the territory of Ukraine were burned by the Russian military, along with the crops. These are the visual damages, but there is also a chemical aspect, because every explosion of a projectile on the field creates a shock wave and chemical contamination of the soil. It takes hundreds of years for the natural recovery of soil resources from single contamination [1].

Military weapons and explosives use chemical compounds that are not biodegradable and can contaminate not only soil and surface water, but also plants. Heavy metal contamination lasts for decades. For example, bullets can release lead, which is then absorbed by plants. Lead distributed in different soil fractions may initially be inert, but then become reactive due to changing soil conditions (e.g. pH, moisture). Metals such as chromium (Cr), arsenic (As), mercury (Hg), nickel (Ni), zinc (Zn) and cadmium (Cd) are released into the soil [2, 3].

Among the vegetable crops grown in Ukraine, pumpkin occupies an important place due to its chemical composition. Its nutritional, dietary and prophylactic value is undeniable. Moreover, in today's difficult environmental conditions, where people come into contact with heavy and radioactive metals, as well as various toxins, the need for environmentally friendly, cheap products of melon farming, especially pumpkin, is growing significantly. Thus, the problem of obtaining high-quality, natural, environmentally safe products is relevant for modern Ukraine, as it is directly related to the health and life expectancy of the country's population [4].

Winter squash (*Cucurbita moschata* Duchesne) is a promising source of plant raw materials for the production of environmentally friendly food products. According to its chemical composition, winter squash has a high dry matter content and a low fibre content, which makes it suitable for dietetic nutrition. In addition, winter squash contains beta-carotene, which is second only to sea buckthorn.

However, such vegetable raw materials, which contain a rich complex of macro- and microelements, vitamins and many other useful properties, are valuable as a source of substances necessary for the body. On the other hand, the use of melons, which are natural adsorbents and accumulators of elements, including toxic ones, poses a danger to the human body because heavy metals can be transferred along the "soil-plant-man" chain. Some researchers point out that winter squash is characterised by an increased content of heavy metals in the upper part, next to the stem. Their minimum content is in the lower part of the fruit (about 1.5-4.0 times lower than in the upper part) [4, 5].

The danger of accumulating heavy metals in living organisms is that they are capable of forming highly toxic compounds and can also disrupt the metabolic cycle of living organisms, causing a number of diseases. They are slowly excreted from the body and can accumulate in various organs, especially the liver and kidneys, gradually worsening human health [1, 3, 4].

The development of modern technologies for melon cultivation is based on intensification, among which organic and mineral fertilisers, sowing methods, plant density and harvesting dates are of great importance. Violation of parameters of technological processes and influence of other factors lead to excessive accumulation of nitrates, pesticide residues, heavy metals and radionuclides in such products [5].

In view of the above, the technology of growing winter squash (*Cucurbita moschata*) should ensure not only a high yield of its fruits, but also the production of environmentally safe plant raw materials. Therefore, research aimed at developing and improving effective technological methods for growing this valuable crop, which will contribute to obtaining a stable harvest with high sanitary and hygienic quality of its fruits, is currently relevant.

Materials and methods. In order to assess the quality of the fruits of winter squash (*Cucurbita moschata*) grown in 2023 on the experimental plots of the Institute of Climate Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine under the conditions of the Odesa region (Ukraine), the content of heavy metals,

pesticides and nitrates was determined according to generally accepted methods. The quality of winter squashes was determined in the measuring laboratory of the Odesa branch of the State Institute of Soil Protection of Ukraine.

Results and discussion. The content of toxic elements and substances was determined in the selected samples of winter squashes (Table 1).

Table 1. Content of toxic elements in fruits of winter squash (*Cucurbita moschata*) grown in Odesa region in 2023

Name of toxicants	Content of elements in fruits, mg/kg	Maximum permissible concentration of toxicants, mg/kg
Zn	1.61	10.0
Cu	0.65	1.0
Pb	0.06	0.5
Cd	0.021	0.03
Hg	0.005	0.05
As	0.061	0.2
DDE	not found	-
DDD	not found	-
γ - hexachlorocyclohexane	not found	-
β - hexachlorocyclohexane	not found	-
DDT	not found	-
NO ₃	31.5	60.0

As can be seen from the table, zinc was the most abundant ecotoxicant, followed in descending order by copper, lead, arsenic, cadmium and mercury. No pesticides were found in the fruit. The studies also showed that the use of the agrotechnical techniques studied did not affect the level of accumulation of pesticides and heavy metals in the fruit of this crop.

Conclusions. Hygienic evaluation of the cultivated products showed insignificant content of nitrates in butternut squash fruits (below the permitted values), complete absence of pesticides (DDE, DDD, γ -hexachlorocyclohexane, β -hexachlorocyclohexane, DDT) and heavy metal salts in much smaller amounts compared to the permitted values.

Taking into account the fact that in our country the problem of obtaining environmentally friendly vegetable products is quite acute, we believe that the study of individual elements of the technology of butternut squash cultivation is expedient and promising, since the content of ecotoxicants was characterised by high safety.

References

1. Бойко, Л.О. (2024). Виклики та проблеми фермерських господарств у період невизначеності. Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління, (11). <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-11-04-02>.
2. Білявський, Г.О., Бутченко, Л.І., & Навроцький, В.М. (2002). *Основи екології: теорія та практикум: Навчальний посібник*. Київ: Лібра.
3. Пономарьов, П.Х., & Сирохман, І.В. (1999) *Безпека харчових продуктів та продовольчої сировини: Навчальний посібник*. Київ: Лібра.

4. Герман, О. (2022). Точне землеробство за умов війни: сенс та економічна доцільність. *Агробізнес. Україна*. URL: <https://agrobusiness.com.ua/tochne-zemlerobstvo-zemlerobstvo>
5. Butrym, O., Zaruba, D., Yehorova, T., Hranovska, L., & Shablia, O. (2023). The role of fiscal instruments in the implementation of low-carbon agriculture. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 9(4), 141-167. <https://doi.org/10.51599/are.2023.09.04.07>.

Cezary Tkaczuk¹, Danuta Sosnowska², Henryk Ratajkiewicz³
ENTOMOPATHOGENIC FUNGI AS BIOLOGICAL CONTROL AGENTS OF
INSECT AND MITE PESTS

¹*Faculty of Agriculture, University of Siedlce, 08-110 Siedlce, Poland;*

²*Institute of Plant Protection-National Research Institute, 60-318 Poznań, Poland;*

³*Faculty of Agriculture, Horticulture and Bioengineering, Poznań University of Life Sciences, 60-594 Poznań, Poland*

*E-mail: cezary.tkaczuk@uws.edu.pl; d.sosnowska@iorpib.poznan.pl;
henryk.ratajkiewicz@up.poznan.pl*

Keywords: *arthropod natural enemies, fungal entomopathogens, biological plant protection, biopesticides, endophytes*

Entomopathogenic fungi have a wide distribution and live in almost all terrestrial ecosystems in the world. They are an important factor in the regulation of insect pests that can cause great levels of mortality, and they are capable of breaking down pest populations during outbreaks in forest and agricultural habitats. Recent studies demonstrate that entomopathogenic fungi, often exclusively considered as insect pathogens, playing additional roles in nature viz. plant disease antagonism, endophytism, plant growth promotion and rhizosphere colonization. Fungal entomopathogens are well known for producing wide array of biologically active metabolites having antimicrobial, cytotoxic and insecticidal properties, thus, playing a potential role in colonization, pathogenesis and virulence. More than 700 fungal species from 100 orders are estimated as potential bioagents; however, a majority of important insect pathogens belong to the phylum Ascomycota and order Hypocreales, as well as to Entomophthoromycota, order Entomophthorales. The biological control of pests by using entomopathogenic fungi is an attractive alternative to the use of chemical pesticides, mainly because these fungi are safer for humans, animals, and the environment. More than 170 mycoinsecticides have been produced from at least 12 species identified as pathogenic to insects. Commercial products based on some of the entomopathogenic fungi are primarily based on *Beauveria* spp., *Metarhizium* spp., *Cordyceps* (formerly *Isaria*), and *Lecanicillium* spp. Licensed commercial products exist that have formulations containing conidia and/or mycelium for field application. They are very important for the development of sustainable agriculture, significantly contribute to integrated pest management (IPM), and respond to an increasing world demand for ecologically compatible and environmentally friendly products. Programs combining the use of entomopathogenic

fungi with chemical plant protection products are being intensively developed. However, there are some, usually well-known, disadvantages related to their use and application process. To overcome them, the farmer should acquire knowledge and skills that will ensure satisfactory results in plant protection.

**Nataliia Valentiuk¹, Yevgen Yurkevych², Olesya Drobit¹, Elgudzha Kulidzhanov³,
Oleksandr Duda⁴**

INFLUENCE OF STORAGE CONDITIONS ON THE SOWING QUALITIES OF AMARANTH SEEDS

¹*Institute of Climate Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, St. Mayatska doroga, 24, Khlybodarske village, Odesa district, 67667 Odesa region, Ukraine;*

²*Odesa State Agrarian University, Kanatnaya St. 99, 65039, Odesa, Ukraine;*

³*Odesa Branch State Institution "Soils Protection Institute of Ukraine", Laboratory St. 19, Lymanka village, Ovidiopol district, 65037 Odesa region, Ukraine;*

⁴*Non-governmental organization "Manufacturers of Amaranth and Amaranth Products", Katerynoslavsky boulevard, 2, of. 526, 49044 Dnipro, Ukraine*

*E-mail: naval100@ukr.net; yevgen21@ukr.net; kolpakovalesya80@gmail.com;
odessa.cgp@gmail.com*

Keywords: *amaranth, seeds, post-harvest processing of grain, storage of seeds*

Introduction. Increased stress, significantly accelerated pace of life, deterioration of ecological condition due to significant influence of anthropogenic factor in recent years could not fail to affect human health. The most urgent problem of our time, which is to improve the state of health and nutrition of the population, can be solved by the production of high-quality and environmentally friendly vegetable oils, which will have a guaranteed content of polyunsaturated fatty acids, vitamins, phytosterols and other biologically active compounds that are vital – necessary for the human body [1, 3].

This is why manufacturers are increasing the quality requirements for food products, searching for and participating in the production of new and non-traditional types of plant raw materials, which would allow them to significantly expand their product range and supplement it with functional products. This, in turn, is impossible without close cooperation with leading scientists and producers of agricultural products.

Recently, a plant such as amaranth has attracted the attention of society, scientists, agricultural producers and processors of agricultural products. Amaranth has been known since ancient times and has been used in human nutrition since the Aztec civilisation. According to various researchers, in addition to valuable protein, which in terms of amino acid ratio is close to the composition of an ideal protein, amaranth grain contains a significant amount of unsaturated fatty acids, vitamins, micro and macro elements. The value of amaranth oil is determined by its content of

squalene, which is the basis of many medicines and has been proven to have pronounced antimicrobial and fungicidal effects, as well as contributing to the normalisation of tissue respiration. These properties allow amaranth to be used in the food, pharmaceutical, cosmetic and animal feed industries [1].

The production of high quality plant raw materials is impossible without the use of high quality seed material, which also requires a special approach to storage. There are a number of differences between amaranth grain for food use and grain used as seed for further cultivation of amaranth plants. Grain for different purposes is grown using different technologies, and planning starts at the sowing stage, as the seed has a number of requirements that differ from those for normal food grain. As a result, post-harvest processing of amaranth seed has its own characteristics.

Materials and methods. Four amaranth varieties of Ukrainian selection (Ul'tra, Kharkivs`kyi 1, Students`kyi, Liera) were selected for research. The amaranth seeds were cleaned from impurities, with moisture content of 9.2%, packed in canvas bags of 0.5 kg and stored for 6 months in controlled storage conditions with the following parameters: air temperature $t = 5...25^{\circ}\text{C}$ and relative humidity $\varphi = 55...75\%$. 75% Seed germination was determined under laboratory conditions according to standard methods [4].

Results and discussion. Amaranth seeds have a rounded lenticular shape, a smooth surface and are small in size (from 0.3 to 2.5 mm depending on the variety). The weight of 1000 amaranth seeds ranges from 0.6 to 1.2 g. All this determines a careful approach to the choice of technical parameters of equipment for post-harvest processing of seeds of this crop [1, 3].

In order to ensure high sowing and harvesting qualities of seed material, it is necessary to strictly observe all norms of seed growing technology, harvesting and post-harvest processing. Only high quality seed should be stored. Before storage, amaranth seed, like any other crop, must be subjected to a whole complex of post-harvest processing operations, which should include cleaning, sorting and drying. Since the impurities have a higher moisture content than the grains of the main crop and can be infected with microflora, timely and correctly performed cleaning can prevent self-heating of the seeds. Careful post-harvest cleaning of amaranth seed can significantly extend its shelf life.

Depending on the moisture content and the level of impurities in the grain mass, pre-cleaning, primary or secondary cleaning is used. Pre-cleaning is used when the moisture content of the seed is high and the level of impurities is significant (above 15%), and before drying in mine grain dryers. Pre-cleaning of seed improves its technological properties, such as flowability and homogeneity, and increases the efficiency of conveyors, sifters and dryers. It is recommended that it be carried out as soon as the seed material arrives at the elevator receiving points from the field. All seed arriving at the receiving point or elevator will be subjected to primary cleaning.

Secondary cleaning is carried out to sort and bring the seed to the required cleanliness condition. The most efficient way of cleaning amaranth seeds from

impurities is by using aerodynamic separators, which, in addition to removing various impurities, allow the seeds to be separated into several fractions. In addition, photo-separators have recently appeared on the market which allow amaranth seeds to be separated by colour.

The most important factor affecting seed storage is its moisture content. It's well known that a seed is a living organism and, like all living organisms, it breathes. An increase in moisture content leads to an increase in the intensity of seed respiration and the activation of all physiological processes, which in turn may lead to the development of such undesirable phenomena during storage as self-heating or germination of seeds and deterioration of seed conditions. In addition, the increase in moisture content contributes to the intensive development of micro-organisms, including moulds, which will also significantly reduce the sowing quality of the seeds.

In order to maintain high sowing quality during storage of amaranth seeds, it is recommended to store them with a humidity that does not exceed 9%. For this purpose, it is necessary to carry out its drying in time, strictly following the following rules:

- ✓ batches for drying should be homogeneous in terms of moisture content;
- ✓ it is necessary to respect the temperature regimes, not only the extreme temperatures of heating the seeds, but also the temperatures of the drying agent, since even a short exposure to high temperatures can damage the embryo;
- ✓ it is necessary to cool the seeds after drying to a temperature 5-10°C higher than the ambient temperature [2].

Table 1. Germination of amaranth seeds depending on temperature and relative humidity, %

Variety of amaranth	Air temperature, 5°C		Air temperature, 15°C		Air temperature, 25°C	
	Relative air humidity, $\varphi = 55\%$	Relative air humidity, $\varphi = 75\%$	Relative air humidity, $\varphi = 55\%$	Relative air humidity, $\varphi = 75\%$	Relative air humidity, $\varphi = 55\%$	Relative air humidity, $\varphi = 75\%$
Kharkivs`kyi 1	96	90	94	81 ¹	75	64 ²
Ul'tra	93	85	89	81	74	58 ²
Students`kyi	90	86	86	77 ¹	76	61 ²
Liera	94	85	91	79 ¹	77	57 ²

Note: ¹ – single seed with signs of mould was found; ² – seeds with signs of mould and germinated seeds were found.

All types of grain dryers can be used for drying amaranth seed, but the best results are obtained with shaft grain dryers with wedge-shaped louvered boxes. Shaft grain dryers with direct flow and recirculation can also be used for drying amaranth seed, but it is worth making some modifications to reduce the cost of drying agent and outside air in the drying and cooling zones, to prevent blowing and spilling of

amaranth seed, and to adjust the output device. Drying with the use of gentle modes allows you to ensure high sowing quality of the seed. At the same time, the maximum temperature of seed heating should not exceed 45°C. After cleaning and drying, the amaranth seeds were stored under controlled conditions. After 6 months of storage, seed germination was determined under laboratory conditions.

Given the high germination capacity of amaranth seeds, the best storage conditions are as follows: the ambient temperature should not exceed +15°C and the humidity should not exceed 75%. It is known that freshly harvested amaranth seeds have a very low germination rate and require a certain period of maturation, the duration of which depends on the biological characteristics of the variety, the conditions of cultivation and storage of the grain, which is very important for batches of amaranth intended for use as seed material. In the experiment, samples of amaranth seeds at the time of storage had the following indicators of laboratory germination, namely Kharkivs`kyi 1 – 43%, Ul'tra – 39%, Students`kyi – 36 and Liera – 38%.

According to the results of our research, after 6 months of seed storage, it was found that storage conditions have a certain influence on seed germination of all amaranth varieties of domestic selection. Thus, in conditions of temperature $t=5^{\circ}\text{C}$ and relative humidity $\varphi = 55\%$, the highest rate (96%) of seed germination was observed for variety Kharkivs`kyi 1.

For the varieties Liera and Ul'tra a decrease of this indicator by 2-3% was observed, and the lowest indicator of laboratory germination was recorded for the variety Students`kyi, where it was at the level of 90%. At the same time, according to the results of our research, it was established that during the six-month period of post-harvest ripening of amaranth seed material there was a significant improvement in its laboratory germination indicator, but the process of improvement of laboratory germination for different varieties of amaranth occurred with certain differences. Thus, the increase in laboratory germination was 53% for the variety Kharkivs`kyi 1, 54% for the varieties Ul'tra and Students`kyi, and 56% for the variety Liera (according to the storage parameters $t = 5^{\circ}\text{C}$ and $\varphi = 55\%$). An increase in the relative humidity of the air to a value of $\varphi = 75\%$ at a constant temperature of $t = 5^{\circ}\text{C}$ caused a decrease in the laboratory germination index for all varieties and it was within the range of 85-90%, but the varieties reacted differently to changes in humidity. Thus, according to variety Kharkivs`kyi 1, the laboratory germination decreased by 6%, for varieties Ul'tra and Liera by 8-9% respectively, while for variety Students`kyi the decrease was only 4%, but this variety has a laboratory germination at a relative humidity of $\varphi = 55\%$ was the lowest compared to other varieties.

An increase in air temperature of only 10°C during storage of amaranth seeds resulted in certain changes in the laboratory germination indicator of amaranth seeds. Thus, the laboratory germination of the variety t Kharkivs`kyi 1 at a relative humidity of $\varphi = 55\%$ was 94% and decreased by 2%. For variety Ul'tra it was 89% with a decrease of 4%. For the variety Liera, it was 91%, with a decrease of 3%, and for the

variety Students`kyi, it was 91%, with a decrease in laboratory germination also of 3%. It should be noted that in this temperature regime an increase in relative humidity from $\varphi = 55\%$ to $\varphi = 75\%$ led not only to a decrease in the laboratory germination index, but also to the appearance of single seeds with signs of mould in varieties Kharkivs`kyi 1, Students`kyi and Liera, while this was not observed in variety Ul'tra. Moreover, we found that such an increase in the relative humidity of the air at its temperature $t = 15^{\circ}\text{C}$ reduced the germination of the laboratory seeds of different varieties of amaranth in the experiment in the range from 7 to 12%.

Further increase of air temperature during storage of amaranth seeds to $t = 25^{\circ}\text{C}$ at relative humidity $\varphi = 55\%$ led to decrease of their laboratory germination, where it was already in the range of 74-77%. The loss of laboratory germination of amaranth varieties due only to an increase in air temperature by 20°C during storage occurred in different ways and amounted to 21% for Kharkivs`kyi 1, 19% for Ul'tra, 14% for Students`kyi and 17% for Liera.

The fact that increasing the relative humidity of the air in our experiment to $\varphi = 75\%$ at the same temperature $t = 25^{\circ}\text{C}$ also caused significant changes in the laboratory germination of the seeds deserves special attention. Under these conditions, there was a further deterioration in the sowing qualities of the amaranth seeds. At the same time, the appearance of seeds with signs of mould and germinated seeds was noted. It was found that under these storage conditions the laboratory germination of amaranth seeds of variety Kharkivs`kyi 1 was 64%, which was 11% lower than the laboratory germination at parameters of relative humidity $\varphi = 55\%$. For Ul'tra variety these changes were 58% and 16%, respectively. For the variety Students`kyi these changes were 61% and 15%, respectively; and for variety Liera these changes were 57% and 20%, respectively.

As we can see, different varieties of amaranth react differently to changes in the parameters of storage conditions, namely to an increase in air temperature and relative humidity. Thus, the greatest loss of laboratory germination of amaranth seeds during six months of storage occurred at air temperature parameters up to $t = 25^{\circ}\text{C}$ and its relative humidity $\varphi = 75\%$. Under these storage conditions the laboratory germination of seeds of the variety Kharkivs`kyi 1 decreased by 32%, of the variety Ul'tra by 35%, of the variety Students`kyi by 29% and of the variety Lyera by 43% in comparison with storage at air temperature parameters $t = 5^{\circ}\text{C}$ and its relative humidity at $\varphi = 55\%$. In our opinion, differences in the loss of laboratory germination of amaranth seeds under the influence of changes in storage parameters occurred in our experiment in connection with the different structure of the seed, its adsorption properties, resting period and post-harvest ripening for different varieties.

According to existing recommendations and requirements for the storage of seed [5], it is advisable to store amaranth seed in a container to avoid moisture increase due to sorption processes and the development of undesirable microflora. Sacks must be stacked in stacks of no more than five rows of sacks on pallets at a distance of 0.15 m

from the ground. There should be 0.70 m between stacks and between stacks and walls. Stacked bags are moved at least once every 4 months.

During storage, the condition of the seed must be regularly checked to prevent the development of undesirable phenomena. Storage control is carried out in accordance with instructions for the following indicators: colour, odour, temperature, contamination, moisture, presence of damaged, spoiled and germinated grains [5].

Conclusions. Amaranth is a valuable crop which, thanks to the peculiarities of its biochemical composition, has an extremely wide range of uses and is, therefore, very promising for cultivation in Ukraine. The best storage conditions for amaranth seeds are the regime with parameters of air temperature $t = 5^{\circ}\text{C}$ and its relative humidity at the level of $\varphi = 55\%$. An acceptable increase in the storage temperature to $t = 15^{\circ}\text{C}$ at a relative humidity of $\varphi = 55\%$. However, an increase in relative humidity to $\varphi = 75\%$ significantly worsens the laboratory germination indicator of amaranth seed and makes it unsuitable for use in production and seed crops, as the laboratory germination of amaranth seed must be at least 85% according to the requirements of current regulatory documents.

References

1. Гопцій Т.І. (1999). *Амарант: біологія вирощування, перспективи використання, селекція: монографія*. Харків: Харк. держ. аграр. Ун-т, 273 с.
2. *Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок*. Одеса-Київ, 1997. 72 с.
3. Левчук, І.В., Кіщенко, В.А., Тимченко, В.К., & Куниця, К.В. (2015). Амарантова олія – якість та безпечність щодо використання як біологічно активної добавки. *Інтегровані технології та енергозбереження*, 2, 74-81.
4. ДСТУ 4138-2002. *Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості*. (2003). Київ: Держстандарт України.
5. ДСТУ 2240-93 *Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості*. Технічні умови. (1994). Київ: Держстандарт України.

**Anatolii Vlashchuk, Olesya Drobit, Nataliia Valentiuk, Oksana Vlashchuk,
Anatolii Tomnytskyi, Hennadii Ivanov**

THE EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION RATES ON THE YIELD OF CONDITIONED SEEDS OF THE ANNUAL WHITE SWEET CLOVER IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH OF UKRAINE

*Institute of Climate Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of
Ukraine, 67667 Khlybodarske village, Odesa district, Odesa region, Ukraine*

*E-mail: decagro_kherson@ukr.net; kolpakovaesya80@gmail.com; naval100@ukr.net;
tomotolian@gmail.com; meridian72@ukr.net*

Keywords: *fodder legumes, annual white sweet clover, soils, fertilizers, seed productivity*

Introduction. Today's conditions require a careful attitude to the development of the agroindustry complex, the main problem of which is its main branches, in particular crop and animal husbandry insufficiently high efficiency at the stage of the formation of market relations. The uncontrolled process of agricultural intensification,

an irrational attitude to land resources, non-observance of crop rotations, and in some places even the use of some crops in unchanged crops, contributed to a significant decrease in soil fertility, which, in turn, affected the production of plant products and led to a shortage of fodder, protein, seeds in recent years [1].

The South of Ukraine is characterized by the presence of fertile soils and the sufficiently favorable for the cultivation of agricultural crops climatic potential. Along with this the region has been established as a zone of risky agriculture, which is associated with extreme weather conditions: an unfavorable water regime (not frequent enough precipitation with an uneven distribution during the growing season), high temperature indicators and droughts. All of the phenomena cause extremely undesirable consequences in agricultural production, which significantly affects the yield and quality of agricultural crops [1, 2].

In this regard, the biologization and organic farming question as an integral and effective component of scientific and technical progress in agriculture has arisen in agricultural production.

In the modern production of agricultural plant products, a significant part of the costs is related to the purchase and application of mineral fertilizers, which in turn leads to a significant increase of the production cost. In addition, the use of mineral fertilizers, which are mostly salts, leads to soil salinization, increasing the ecological burden on the environment. The introduction of fodder leguminous crops into the crop rotation system will contribute to the accumulation of nitrogen available for plants in the soil. Thus, the cultivation of annual white sweet clover leads to the accumulation of up to 150 kg/ha of the active substance nitrogen in the soil. For comparison, in order to ensure the supply of such a quantity of nitrogen with the use of ammonium nitrate, it is necessary to apply 0.4 tons per 1 ha, the estimated cost of which is UAH 30,000 per 1 ton. Therefore, the approximate savings will be UAH 12,000 per 1 ha. And this is without the costs of equipment, fuel and lubricants, labor costs for the fertilizer application operation.

Along with the intensification of the production of plant products and the fodder crops yield increase, commodity producers must ensure the receipt of high-quality fodder, since the productivity of farm animals depends on this. The nutritional value of fodder plants is directly affected by their chemical composition, which depends on the biological characteristics of the plant, variety, vegetation phase, directions of use, soil-climatic, agrotechnical conditions and other factors [1, 3].

In conditions of protein deficiency, legumes are considered one of the main sources of feed protein. The introduction of leguminous grasses into grass mixtures and self-seeding will contribute to the accumulation of crude protein in the dry mass, which in turn will allow to increase its content compared to the cereal grass. In addition to increasing the content of digestible protein, feed units, exchangeable energy in the feed unit, the content of calcium, magnesium, copper, and manganese will increase thanks to legumes, which will contribute to improving the digestibility of dry mass. Also, such a measure will allow to increase the ratio of calcium content to

phosphorus, protein ratio, and the ratio of potassium to the sum of calcium and magnesium content, while simultaneously ensuring a decrease in the content of nitrogen-free extractive substances, and potassium with long-term use [4, 5].

Another important feature of leguminous grasses is the influence on soil fertility, which becomes important in territories that have been affected by anthropogenic influence. As evidenced by many years of research conducted by domestic and foreign scientists, leguminous grasses are considered true pioneers in the field of phytoremediation of soils subjected to man-made stress. The positive effect of leguminous plants occurs not only due to the improvement of drainage, but also due to the process of carbonic acid release by the root system, which directly contributes to the chemical desalination process. That is, leguminous grasses contribute to the process of soil reclamation, which is the least costly biological method. It has been proven that leguminous fodder grasses are the best predecessors in crop rotation, as they are able to enrich the soil with nitrogen and ensure improvement of its structure, which contributes to obtaining better crops both seeds and food grains. The introduction of these crops into the crop rotation structure and their cultivation on soils subjected to salinization will contribute to positive changes in the agrochemical composition of elements and desalination of such soils. This will allow to reduce the use of mineral fertilizers [3,4].

One of such leguminous crops is the annual white sweet clover, which has a fairly wide range of applications (Fig. 1).

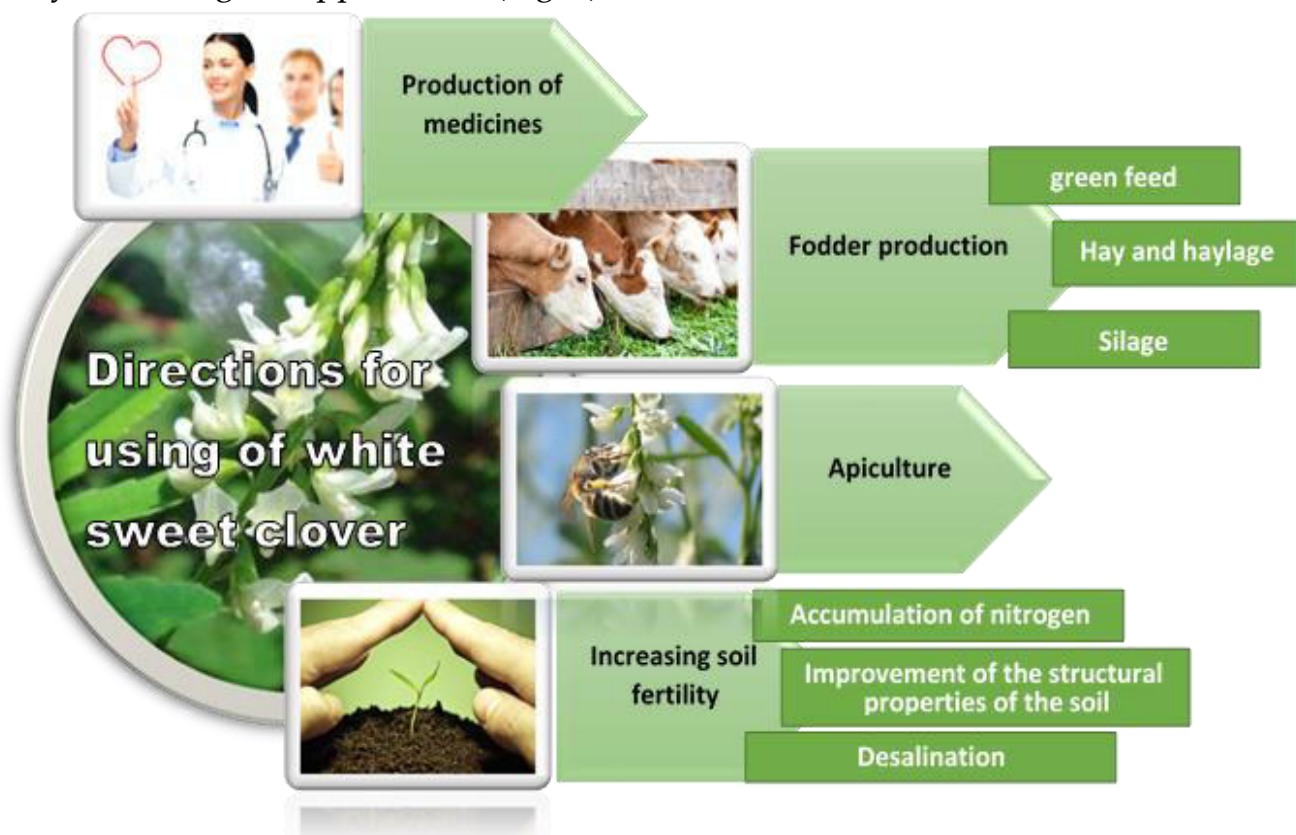


Fig. 1. Directions for using of white sweet clover

Medicinal properties of sweet clover have been known since ancient times, preparations from which have expectorant, softening, sedative, analgesic, anti-inflammatory, diuretic, anticoagulant, anticonvulsant, cardiogenic and diuretic effects. In addition, annual white sweet clover is a valuable fodder crop that can be successfully used as green fodder, as well as for the production of hay, haylage, silage and grass flour. It is also a good honey bearer and can provide up to 200 kg of honey from 1 hectare. Cultivation of this culture in modern arid conditions of the South of Ukraine is relevant.

Annual white sweet clover (*Melilotus alba*, var.), is a drought-resistant leguminous plant. Plants of this species have the functions of supplying organic matter, nitrogen. According to research conducted by domestic scientists, on saline soils, the annual white sweet clover also has remedial properties. Therefore, this plant can be considered very attractive for cultivation and multi-purpose use in the conditions of risky farming in the Southern Steppe zone of Ukraine [4-6].

The issue of annual white sweet clover seeds propagation, which will allow obtaining high-quality seed material, is becoming relevant. One of the ways that will contribute to obtaining high-quality seed material is application of optimal doses of nitrogen fertilizers for the annual white sweet clover cultivation, which will contribute to increasing the potential productivity, plasticity, resistance to abiotic, stress factors, consumer and technological properties of the plant.

Materials and methods. Annual white sweet clover of the "Pivdennyi" variety was chosen for research (breeding of the Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, certificate No. 180497 dated April 20, 2018). The research was conducted at the experimental field sites of the Institute of Climate Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine in 2021-2023. The experiment was carried out using the method of split areas. Commonly accepted methods of conducting field experiments and methodical recommendations were used.

Factor A – width between rows (15–30–45–60 cm), Factor B – doses of nitrogen fertilizer (control without fertilizers – N₃₀-N₆₀-N₉₀). The research was carried out in four repetitions, the placement of options was randomized. The area of the experiment is 1200 m², the area of one plot is 5 x 2.5 m². The experiment followed the principle of a single logical difference, as well as a range of gradations of factors, which allows determining the optimal parameters of the action of each of the factors.

The agrotechnics of growing annual white sweet clover during the experiments were generally accepted for the Steppe zone of Ukraine, with the exception of the studied factors.

Results and discussion. Sowing with high-quality conditioned seeds is one of the main elements of agrotechnics, which contribute to obtaining stable yields of annual white sweet clover. The maximum seed productivity of the crop is formed by the best ratio and combination of all elements of cultivation technology, among which

the most effective are the use of zoned varieties, optimal width of rows and the dose of nitrogen fertilizer application.

Table 1. The yield of conditioned seeds and the reproduction coefficient of the annual white sweet clover "Pivdennyi" variety of different varieties depending on the width of the rows and doses of nitrogen fertilizer (average for 2021-2023)

Width of the rows, cm	Yield of conditioned seeds, %					Seed reproduction rate				
	Dose of nitrogen fertilizer, kg/ha					Dose of nitrogen fertilizer, kg/ha				
	Without fertilizer	N ₃₀	N ₆₀	N ₉₀	V _m , %	Without fertilizer	N ₃₀	N ₆₀	N ₉₀	V _m , %
15	85,0	86,9	86,9	86,1	2,65	47,6	60,8	77,0	65,8	12,51
30	85,9	87,1	86,9	85,9	6,72	51,0	70,0	85,0	78,2	14,12
45	86,1	87,9	89,0	87,1	8,83	58,0	85,8	99,0	87,4	21,65
60	86,9	87,0	88,1	86,9	9,26	54,6	73,8	90,0	78,4	23,57
V _{pf} , %	1,81	2,02	2,45	1,73		6,42	8,75	9,12	9,38	

On average, over the years of experimental tests, the maximum yield of conditioned seeds per unit area (89.0%) was obtained for sowing with a row width of 45 cm and application of nitrogen fertilizer with a dose of N₆₀. According to the variants of the experiment, the percentage of conditioned seeds averaged 85.0–89.0%. The average coefficient of phenotypic variation (V_{pf}, %) of conditioned seed yield depending on the width of the rows was insignificant and ranged from 1.73 to 2.45%. The modification variability (V_m, %) was somewhat higher depending on the application of doses of nitrogen fertilizer and amounted to 2.65–9.26%, which indicates the advantages of technological regulation of the yield of conditioned seeds with the help of this agrotechnical measure. The average indicators of the phenotypic variation of the seed reproduction coefficient under the influence of row spacing (V_{pf}, %) were 6.42–9.38%, and the modification variability under the influence of nitrogen fertilizer doses (V_m, %) were 12.51–23.57%. This makes it possible to state that the seed reproduction coefficient of the annual white sweet clover can be regulated by the parameters of the width of the rows and the doses of nitrogen fertilizer.

Conclusions: Optimum parameters of the technology of growing annual white sweet clover have a significant impact on the yield of conditioned seeds and its quality. In this case, the width of the crop rows and the rate of application of nitrogen fertilizers are important. On average, during the period of research, the difference in the number of yield of conditioned seeds was observed depending on all the studied factors in the range of 85.0–89.0%. The best indicators (89.0%) of the yield of conditioned seeds of the annual white sweet clover "Pivdennyi" variety were obtained with the width of the rows of 45 cm and the application of nitrogen fertilizer with a dose of N₆₀.

References

1. Юркевич, Є.О., Бойко, П.І., Коваленко, Н.П., & Валентюк, Н.О. (2021). *Науково-технологічні та агробіологічні основи високопродуктивних агроєкосистем України: монографія*. Одеса: Видавництво ТОВ «Іздателський центр».
2. Sowa-Borowiec, P., Jarecki, W., & Dżugan, M. (2022) The effect of sowing density and different harvesting stages on yield and some forage quality characters of the white sweet clover (*Melilotus albus*). *Agriculture*, 12(5), 575. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050575>.
3. Rigal, M., Rigal, L., Vilarem, G., & Vandenbossche, V. (2016). Sweet Clovers, a Source of Fibers Adapted for Growth on Wet and Saline Soils. *Journal of Natural Fibers*, 13(4), 410–422. <https://doi.org/10.1080/15440478.2015.1029202>.
4. Vozhegova, R., Lavrinenko, Yu., Vlaschuk, A., Drobit, A., & Vlaschuk, O. (2021). Influence of elements of technology on formation of structural indicators of one year old clover. *Journal of Science, Lyon*, 24, 7–11.
5. Annaeva, M., Toreev, F., Yakubov, M., Allashov, B., Mavlonova, N., & Tursoatov, S. (2020). Agrotechnology of *Melilotus albus* cultivation in saline area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. United Kingdom*, 614(1), 012170. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/614/1/012170>.
6. Місевич, О.В., & Влащук, А.М. (2016). Особливості технології вирощування буркуну білого однорічного в умовах півдня України. *Зрошуване землеробство*, 66, 122-124.

Raisa Vozhehova, Svitlana Petrenko

FEATURES OF DIGESTATE APPLICATION AS A COMPONENT OF ORGANIC SUBSTRATE IN MODERN TECHNOLOGIES OF GROWING CROPS

Institute of Climate Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Khlybodarske, Bilyaivsky district, Odesa region, 67667, Ukraine

E-mail: petrenko_s_a_@ukr.net

Keywords: *digestate, economic efficiency, energy efficiency, elements of technology*

Introduction. There is worldwide experience in the use of biofertilisers (digestate), especially in the Netherlands, Germany, England, Finland, Italy, China, India and other countries. In Ukraine, very good results have been achieved with the use of this fertiliser in the cultivation of potatoes, beets, cabbage, carrots, tomatoes, cucumbers, strawberries, raspberries, currants and other vegetables and berries, as well as cereals, fodder and meadow grasses, ornamental flowers such as roses, daffodils, peonies, etc. [2, 5]. [The effectiveness of bio-organic fertilisers (digestate) depends on various factors such as climatic conditions, soil properties, digestate composition, crop types and application period. Some authors have pointed out that the use of digestate leads to a decrease in yield compared to inorganic (mineral) fertilisers [3]. To improve the quality of digestate, it is often supplemented with additional components. In particular, the possibilities of using animal waste (pig manure) in combination with biochar and ash have been investigated in comparison with mineral nitrogen fertilisers in agricultural production [1].

Materials and methods. Nowadays, the use of organic substrates to stimulate plant growth is an important management approach to increase crop productivity.

Our research aimed to establish and evaluate the potential of using organic substrates based on digestate to improve the production and economic efficiency of rosemary with a closed root system under greenhouse conditions, both during propagation and during commercial cultivation. The objectives of the research were to determine the effect of different chemical compositions of organic substrates with digestate on the rooting of rosemary cuttings; to carry out biophenological observations on rosemary plants; to determine the effect of organic substrates on rosemary plants planted in a permanent location, their survival, growth and development; to establish the economic efficiency of growing rosemary seedlings and green rosemary products. As organic substrates were used digestates of different storage years from the digestate produced by the limited liability company "TH "VIMEKSIM" from Odesa region, Oknyansky district, urban-type settlement of Okny, Oknyansky village council.

Results and discussion. In the agricultural sector, the EU pays particular attention to efficient livestock and crop production with different parameters of food production, environmental safety, waste management, energy production from food and non-food crops, soil use and greenhouse gas emissions. The EU aims to regulate the efficient use of nitrogen in livestock, food production, organic and inorganic resources to increase yields and productivity with less impact on soil and the environment [2].

Demand for agricultural products has increased significantly in recent years, driven by population growth and limited land resources. Farmers face three challenges: food security, farmers' profits and maintaining a safe environment. To meet these challenges, organic farming, adaptive and environmentally friendly technologies are being introduced. The use of digestate for soil fertilisation plays an important role [13].

Agriculture is the world's second largest source of greenhouse gas emissions after the burning of fossil fuels for energy production, but new precision farming technologies and innovative products are expected to help the sector reduce global warming [2, 14].

According to EU legislation, digestate can be divided into three categories: "organic soil improver", "growing medium" and "organic non-microbial plant biostimulant", but not "organic fertiliser" [1]. In Europe, digestates have been classified as waste, and only a recent European Commission regulation has allowed digestates to be classified as fertiliser [5]. Climate change and environmental degradation due to the inefficient use of mineral nitrogen remains an empirical problem worldwide. These challenges affect all sectors: industry and energy, transport and agriculture, science, society and the environment. To address these challenges head-on, the EU has formulated a framework called the Green Deal to ensure a modern, resource-efficient and competitive economy with zero significant greenhouse gas (GHG) emissions by 2050, where economic growth is decoupled from resource use. The solution to the problem of nitrogen supply for agricultural production is closely linked to the development of livestock farming, the main source

of traditional organic fertilisers. In addition, livestock farming faces the problem of waste generation and disposal, protection of ecosystems and the environment, especially in the context of global warming [1].

The use of organic fertilisers is due to their low cost compared to synthetic fertilisers and their high efficiency due to their content of macro- and micro-elements. The presence of beneficial micro-organisms and nutrients in organic fertilisers increases soil fertility and humus content [3, 6]. In order to increase soil fertility and improve plant growth and development, it is necessary to apply organic and mineral fertilisers, use optimal tillage systems and increase the humus content and moisture capacity of the soil [2, 6]. In turn, reducing the use of mineral fertilisers will have positive effects on resource conservation, global warming and soil quality [6]. The long-term use of mineral fertilizers contributes to the mineralisation of organic matter and the reduction of humus, which is known to contain micro- and macro-elements, physiologically active substances and to absorb pesticides and heavy metals like a sponge. The humus content determines the main agronomically valuable properties of the soil and, due to the content of the structural elements calcium and magnesium, its water and air properties [5, 6]. It is also worth noting that the use of mineral nitrogen fertilisers causes an increase in greenhouse gas emissions (on the 35th day after application) compared to the use of organic fertilisers, including digestate [1, 5].

Traditional fertiliser application technology is imperfect. It is dominated by man-made rather than biological factors. Fertilisers applied for basic tillage almost six months before their intensive use by maize plants lose a lot of nutrients through mineralisation, evaporation into the air and leaching into the soil, polluting the environment [2, 5].

The intensive use of high doses of mineral fertilisers, especially nitrogen (N) fertilisers, has led to significant problems: high costs, nitrate pollution and loss of soil carbon (C). In view of this, the need for environmentally friendly agricultural production is growing, and organic fertilisers such as compost or manure have been extensively researched in the past. In recent years, the possibility of using digestate as an organic fertiliser to improve soil fertility has been investigated [15, 16].

One of the reserves for increasing humus content is the use of bio-organic fertilisers with a positive agrochemical and microbiological composition obtained by fermenting livestock waste (pig manure) in biogas plants [2, 6].

The use of digestate is important to ensure food security in the production of organic products and to increase soil fertility and carbon sequestration [6]. There is currently insufficient information on the use of agricultural biomass for bioenergy in the Nordic countries [7]. Digestate, compost, ash, biochar, mulch and green manure are good types of organic fertilisers that can have a positive effect on soil fertility, but have different characteristics in terms of content of key nutrients [9].

Farmers are interested in using digestate due to the lack of sufficient organic fertiliser, the high cost of mineral fertiliser, the imbalance of organic matter in soils and the presence of large amounts of organic waste. The digestate consists of the

remains of fermented material and dead cells of microorganisms, and the volume of the digestate varies from 90-95% of what was initially fed into the tank (biogas plant) [7]. Chemical reactions during the biogas process can reduce the mobility of Md, Ca, P and S by forming calcium and magnesium phosphates, e.g. carbonates, hydroxyapatite and iron sulphides [5, 7]. The use of digestate will reduce the need for mineral fertilisers, which are industrially produced with high fossil fuel consumption and increased carbon dioxide emissions [7]. Currently, the number of people interested in biogas production has increased significantly. For farmers, biogas technologies are becoming increasingly important for two main reasons: 1) biogas production for energy independence and increased profitability; 2) by-products of biogas technology (digestate) that can be used as organic fertiliser or a substrate component. Due to the growing threat of global warming and limited fossil energy sources, bioenergy, i.e. biogas production, has become an important task for climate change mitigation, energy security, resource provision and sustainable agricultural development. Over the last decade, global biogas production has tripled, enabling partial replacement of fossil fuels, and biogas production through anaerobic digestion generates a significant amount of by-products (digestates) [8].

After fermentation in biogas plants, digestate organic substrates are rich in nutrients and are excellent for fertilising soils or as a component of highly productive substrates for growing crops with a closed root system [7]. In many countries, the potential for biogas production is high but not fully exploited [6]. In the context of climate change and environmental transition, biogas production and digestate utilisation can provide an opportunity to reduce greenhouse gas emissions and increase soil carbon sequestration. World biogas production is divided into three main regions: Europe is the largest producer with more than 18 million tonnes of oil equivalent (Mtoe) in 2018, followed by China and the United States with about 7 Mtoe and 4 Mtoe, respectively (IEA 2018) [4]. Two thirds of European biogas plants are located in Germany, which is by far the largest market among European countries. Over the last decade, other countries such as the UK, France, Switzerland, Denmark and the Netherlands have accelerated the development of the biogas industry (International Energy Agency (IEA) 2019) [2].

Subsidy policies through EU funds have contributed to the rapid development of biogas plants in Europe. The Czech Republic has seen a fairly massive development of biogas plants over the last three years. Along with the growth in the number of biogas plants, which currently stands at around 550, there has been an increase in the production of digestate as a by-product of biogas production. Liquid digestate (fugate) contains more mineral nitrogen (typically 5-6% of dry weight) and less organic carbon than unfermented feedstock [14], and C: in digestate can be ten times lower than in farmyard manure [1].

Biogas production using anaerobic digestion technologies can be assessed in terms of its positive impact on the environment, as anaerobic digestion kills weed seeds and pathogens in manure before it is applied to fields as digestate [2]. For

sustainable development of agriculture, it is necessary to seek and maximise the use of alternative sources of nutrients for plants and soils. These sources should be equivalent to mineral fertilisers and should reduce the negative impact on the environment, including digestate [13]. Waste from biogas production, i.e. digestate, can replace mineral fertilisers or organic substrates in the biomass-biogas-biomass cycle [14].

The EU Soil Strategy 2050 foresees the use of bio-organic fertilisers (digestate) to improve soil fertility and agricultural efficiency, to increase yields in the context of climate change, circular economy, biodiversity and clean water resources, and to increase soil carbon stocks [20].

Experts estimate that the global bioenergy potential of agricultural land will be between 64 and 161EJ per year by 2050, but this will be strongly influenced by the development of global demand for food and feed [2]. The growing demand for biomass feedstocks and the large potential for biomass production in agriculture calls for a detailed analysis of the industry as a basis for energy production.

The rapid technological progress aimed at increasing energy efficiency and improving comfortable working and living conditions is increasingly leading to the disruption of natural processes, the depletion of the biotic potential of ecosystems and the reduction of the bioproductive capacity of natural and cultivated landscapes [1]. Therefore, special attention should be paid today to the study of the relationship between the results of anthropogenic activities and natural processes of biota and soils at different levels of localisation. Developing countries have a great interest in using biomass as a renewable energy source, as their economies are mainly based on agriculture [1].

It should also be noted that improper use, fermentation and sedimentation of raw materials for biogas plants can lead to environmental pollution [2, 14]. Fermented sludge (digestate) is a highly effective disinfected fertiliser that returns nutrients and lignin to the soil as a basis for humus formation and ensures the production of environmentally friendly products [14].

The EU produces about 180 million tonnes of anaerobic digestate per year, most of which is used as organic fertiliser [2]. The possibility of replacing peat with digestate or creating peat mixes is being investigated [3]. Peat is one of the most important substrates in horticulture and vegetable production [3]. Replacing 50% of the peat by growing in compost (AD/peat) gave the same yield of basil (*Ocimum basilicum*) as using peat alone. No toxicity or deficiency symptoms were observed in the 50% mixture, but water holding capacity was slightly reduced when part of the peat was replaced [3]. Different combinations of solid digestate (AD) and peat or other organic components, with or without liquid digestate fertilisation, have been tested for the production of different horticultural crops. Restrepo et al. (2013) found an improvement in the condition of seedlings of several types of horticultural crops grown in peat/AD mixtures (from maize silage and cattle manure) in the ratio of 25-75% AD, compared to the growing substrate in the form of fertilised peat [15]. The

combination of liquid digestate (AD), vermicompost and fertiliser provides a balanced substrate and increased tomato yields at the level of mineral fertiliser [3].

Nowadays, the use of organic substrates to stimulate plant growth is an important management approach to increase crop productivity. Our research aimed to establish and evaluate the potential of using organic substrates based on digestate to improve the production and economic efficiency of rosemary with a closed root system under greenhouse conditions, both during propagation and during commercial cultivation. The objectives of the research were to determine the effect of different chemical compositions of organic substrates with digestate on the rooting of rosemary cuttings; to carry out biophenological observations of rosemary plants; to determine the effect of organic substrates on rosemary plants planted in a permanent location, their survival, growth and development; to establish the economic efficiency of growing rosemary seedlings and green rosemary products.

Digestate of different years of storage was used as organic substrates from the digestate produced by the limited liability company "TH "VIMEKSIM" from Odesa region, Oknyansky district, urban-type settlement of Okny, Oknyansky village council. According to the test reports of the testing centre of the Odesa branch of the State Institution "Institute of Soil Protection of Ukraine", the nutrient content of the digestate has significantly changed during the years of storage by the main indicators, which subsequently affected the growth and development of rosemary plants. Thus, Test Report No. 22 dated 24.01.2024 contains the following information on the nutrient content of the digestate for 2023: moisture determination – 63.1%; mass fraction of total nitrogen – 2.05%; mass fraction of total phosphorus – 1.05%; mass fraction of total potassium – 0.72%; organic matter - 22.0%; ash determination – 9.7%; pH salt - 8.8. Test report No. 23 of 24.01.2024 gives the following information on the biochemical composition of the digestate for 2022: moisture determination, 62.1%; mass fraction of total nitrogen, 2.65%; mass fraction of total phosphorus, 1.52%; mass fraction of total potassium, 1.88%; organic matter, 15.8%; ash determination, 16.35%; saline pH 8.7. Test report No. 24 dated 24/01/2024 gives the following information on the biochemical composition of the digestate for 2021: moisture determination, 62.3%; mass fraction of total nitrogen, 2.32%; mass fraction of total phosphorus, 1.35%; mass fraction of total potassium, 1.90%; organic matter, 16.6%; ash determination, 22.75%; pH salt 8.9. It is clear, therefore, that digestate can quickly become a good source of readily available macro- (carbon (C), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), sulphur (S), calcium (Ca), magnesium (Mg)) and micro-elements for plants and soil, and can partially replace the application of animal manure or mineral fertilisers. It also contains some organic matter, which has a positive effect on the physical and chemical properties of soils. Digestate can effectively compete with mineral fertilisers in increasing crop productivity and soil fertility.

Conclusions. One of the advantages of using digestate is its high nutrient content compared to raw materials, mainly nitrogen in the form of N^{++} . However, anaerobic digestion releases a significant amount of nitrogen (N) in the form of

ammonium and carbon (C) in the form of methane and carbon dioxide. However, a significant amount of nutrients such as nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) are retained. If we compare the production of bio-organic fertilisers with that of mineral fertilisers, we can see that the production of the former group has a significant environmental impact. In particular, greenhouse gas emissions are reduced by using fertilisers made from digestate from biogas production, while mineral fertilisers are produced in mining operations in an energy-intensive process. When using digestate as a fertiliser, greenhouse gas emissions are reduced by around 67% compared to conventional organic and mineral fertilisers.

References

1. Krachok L.I. (2013). Newest technologies in agriculture: problems and prospects of implementation. Sustainable development of the economy. *International scientific and production journal*, 3, 224-231.
2. Kaletnyk, H.M., Palamarchuk, V.D., Goncharuk, I.V., Yemchyk, T.V., & Telekalo, N.V. (2021). *Prospects of corn use for energy-efficient and environmentally friendly development of rural areas: monograph*. Vinnytsia: FOP Kushnir Y.V., 2021. 260 c.
3. Palamarchuk, V.D., Kalenska, S.M., Yermakova, L.M., Polishchuk, I.S., & Polishchuk, M.I. (2015). *Systems of modern intensive technologies in crop production*. Vinnytsia: FOP Rogalska I.O., 2015. 452 c.
4. Demianenko S.I. (2005). Innovative growth is the basis of stability of the agro-industrial complex. Science and innovations. *Agricultural and Agrarian Technologies*, 1(1), 87-98.
5. Gangur V.V. (2002). Influence of mineral and organic fertilizers on the yield of corn for grain. *Bulletin of Poltava State Agricultural Institute*, (1), 21-27.
6. Mashchenko, Y.V., & Gaidenko, O.M. (2018). Influence of fertilizer systems and microbial preparation on the yield of buckwheat in the conditions of the northern Steppe of Ukraine. *Current state and prospects of development of the agrarian sector of Ukraine. Collection of scientific papers*. Nizhyn, 10, 140-152.
7. Petukhov, M., Kovalenko, A., & Kovalenko, O. (2021). Organic farming in the southern steppe of Ukraine: prospects and directions of its management. In: *Innovative technologies in agricultural production and nature management: problems and prospects: materials of the All-Ukrainian scientific and practical Internet conference*. June 17, 2021. Shubkiv, 2021. – P. 60-62.
8. Karpishchenko, O., & Karpishchenko, O.O. (2013). Ecological and economic problems of mineral fertilizers use. *Bulletin of Sumy State University. Series: Economics*, (2), 5-11.
9. Lisoval, A.P., Makarenko, V.M., & Kravchenko, S.M. (2002). *System of fertilizer application*. K.: Vysha Shkola, 2002. 317 c.
10. Marchuk, I., & Yashchenko, L. (2021). Indirect root part of the crop as an equivalent of traditional organic fertilizers. In: *Innovative technologies in agricultural production and nature management: problems and prospects: materials of the All-Ukrainian scientific and practical Internet conference*. June 17, 2021. Shubkiv, 2021. – P. 36-38.
11. Kornienko, S., Goncharenko, V., Khodeeva, L., Gladkikh, R., Paramonova, T., Kuts, O., Horova, T., Kormosh, S., Gordienko, I., Koltunov, V., Pashchenko, V., & Ilyushenko, G. (2015). *Fertilization of vegetable and gourds: Monograph*. Vinnytsia: Nilan Ltd., 2015. 370 c.
12. Ostapchuk M.O., Polishchuk I.S., Mazur O.V., & Palamarchuk V.D. (2016). Microbiological bases of agricultural technologies. *Agriculture and Forestry*, (3), 32-43.
13. Palamarchuk, V.D., Mazur, O.V., Shevchenko, N.V., & Mazur, O.V. (2021). Elements of the structure of maize hybrids yield depending on the introduction of biological preparations in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe. *Agriculture and forestry*, 4(23), 244-252.

14. The state of soil fertility in Ukraine and the forecast of its changes in the conditions of modern agriculture / Ed. by V.V. Medvedev, M.V. Lisovyi. Kharkiv: Shtrich, 2001. 100 c.
15. Chaban, V., Podobed, O., & Lorynets, F. (2021). Humus content and balance in the steppe black soil depending on fertilization systems of crop rotation. In: *Innovative technologies in agricultural production and nature management: problems and prospects*: Materials of the All-Ukrainian scientific and practical online conference. June 17, 2021. Shubkiv, 2021. – P. 16-17.

2. ANIMAL HEALTH, WELFARE AND CLIMATE-ORIENTED ANIMAL FARMING

2. ЗДОРОВ'Я, ДОБРОБУТ ТВАРИН ТА ТВАРИННИЦТВО, ОРІЄНТОВАНЕ НА ЗМІНИ КЛІМАТУ

Владислава Бовтун, Неллі Вербицька, Лариса Кладницька
МОЛОЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ КІЗ АНГЛО-НУБІЙСЬКОЇ ПОРОДИ В
УКРАЇНІ

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна, Київ
E-mail: vladabovtun26@gmail.com, elliverb@gmail.com, kladlarisa@ukr.net*

Ключові слова: *Англо-нубійські кози, порода, молоко, склад*

В Україні в домашніх господарствах утримуються англо-нубійські кози. Їх продукція має високі харчові і поживні якості. Молочна продукція і м'ясо кози цієї породи не мають специфічного запаху. Англо-нубійська порода кіз має подвійне призначення, яке можна використовувати для продукції молока або м'яса в тропічних регіонах. На якість молока та вихід молочних продуктів можуть впливати кілька факторів, таких як склад молока, генетика, фізіологічний стан, годівля, умови утримання, фаза лактації та обробка молочної продукції [1].

Методикою дослідження був ретельний аналіз наукової літератури, в основному оглядових і експериментальних статей, опублікованих переважно в межах останніх п'яти років.

Споживачі зазвичай вибирають молочні продукти з козячого молока через їх характерний смак і поживну цінність. На цей смак значною мірою впливає профіль і концентрація жирних кислот (ЖК) у молоці. Жирні кислоти з коротким ланцюгом можуть безпосередньо впливати на смакові та сенсорні властивості завдяки своїй летючій властивості. Вміст білка в молоці є важливим показником для молочної продукції, і на нього впливає генетична мінливість тварин [1]. Фаза лактації також впливає на молоко та молочні продукти. Крива лактації кіз має чіткі фази, де молоко збільшувалося на початковій фазі, перед піком продукції молока. Ближче до сухостійного періоду продукція молока поступово знижувалась, і це могло збільшити вміст сухої речовини в молоці, оскільки вони негативно корелювали [2].

Найбільша інтенсивність лактації у кіз відбувається продовж 4–5-го місяці після окоту, особливістю динаміки лактаційної кривої є те, що удій зростає з 1-го по 4-й місяці, а спадає з 5-го по 10-й місяці.

Середній відсотковий вміст складових молока британських альпійських та англо-нубійських кіз становив: загальна кількість сухої речовини $11,49 \pm 0,22$, $12,17 \pm 0,28$; вершковий жир $3,42 \pm 0,18$, $4,06 \pm 0,22$; сумарний азот $0,462 \pm 0,04$, $0,530 \pm 0,07$; зола $0,78 \pm 0,02$, $0,79 \pm 0,03$ і «лактоза» $4,38 \pm 0,28$, $4,05 \pm 0,55\%$ [3].

Середній вміст мінеральних речовин у молоці англо-нубійських кіз становив: Na $52,6 \pm 4,6$, $55,5 \pm 1,9$; K $164,0 \pm 8,4$, $133,4 \pm 11,4$; Ca $85,5 \pm 11,6$, $89,9 \pm 9,8$; Mg $13,2 \pm 3,8$, $10,2 \pm 1,6$ і P $74,7 \pm 3,9$, $82,1 \pm 3,9$ мг/100 мл [3].

Жирні кислоти – високі рівні: масляна (C4:0), капронова (C6:0), каприлова (C8:0), капринова (C10:0), лауринова (C12:0), міристикова (C14:0), пальмітинова (C16:0) і ліолева (C18:2) кислоти; низькі рівні: стеаринова (C18:0) і олеїнова (C18:1) кислоти. Ненасичені жирні кислоти: 1,4 г омега-3 і 1,3 г сполученої ліолевої кислоти. Характеристика фізико-хімічних показників козиного молока у весняний період: жир $4,88 \pm 0,10\%$, СОМО $8,43 \pm 0,19\%$, білок $3,06 \pm 0,19\%$ [4].

Органолептичні показники козиного молока: консистенція – однорідна без осаду та пластівців; смак і запах – специфічний, на смак солодкувате, але без сторонніх присмаків і запахів, властивий свіжому козиному молоку; колір – світло-кремовий. Дворічна чистокровна англо-нубійська коза після першого окоту має продуктивність 4.5 л молока на добу, жирність якого сягала 6%. Така кількість молока йшла на виготовлення одного з видів перелічених сирів: твердий сир – 800 г, бринза – 1100 г, домашній кисломолочний сир – 1400 г, сулугуні – 900 г, адигейський сир – 800 г, моцарела – 1000 г, качотта – 1000 г, халумі – 800 г.

Для повноцінного росту і високого рівня продуктивності нубійських кіз необхідно добре годувати. Важливо пам'ятати, що порушення графіку харчування може негативно вплинути на тварин. Дійних кіз рекомендується годувати не менше 3-х разів на добу. У літню пору основою харчування для них є більшою мірою польові трави, ввечері в стійла додають невелику кількість сіна, вівса або овочів. У холодну пору року раціон складніший і складається з наступних компонентів: сіно – 4 кг, овочі – 2 кг, коренеплоди і молоді гілки – 3 кг. Протягом усього року козам цієї породи важливо додавати в раціон добавки з вітамінами і мінералами. У відкритому доступі завжди повинна бути чиста вода.

Бібліографія

1. Nicory, I.M.C., De Carvalho Rodrigues, T.C.G., Tosto, M.S.L., Bittencourt, R.F., Mariz, L.D.S., Azevêdo, J.G., De Carvalho, G.G.P., & Santos, S.A. (2023). Nutritional attributes of goat milk obtained from Anglo Nubian, Moxoto, and Saanen breeds in different lactation phases. *International Dairy Journal*, 145, 105720. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105720>.
2. Ben Abdelkrim, A., Puillet, L., Gomes, P., & Martin, O. (2021). Lactation curve model with explicit representation of perturbations as a phenotyping tool for dairy livestock precision farming. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 15(1), 100074. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100074>.
3. Devendra C. (1972). The composition of milk of British Alpine and Anglo-Nubian goats imported into Trinidad. *The Journal of dairy research*, 39(3), 381–385. <https://doi.org/10.1017/s0022029900014217>.
4. Karban, Y. (2024). Features of lactation and quality of milk of different breeds of goats. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*, 26(100), 83–87. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10012>.

Микола Богач, Віктор Панікар
МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ В КРОВІ КОРОПА ЗВИЧАЙНОГО, УРАЖЕНОГО
EUSTRONGYLIDES EXCISUS

Одеський державний аграрний університет, Одеса, Україна

E-mail: vetmed2010@ukr.net

Ключові слова: *Eustrongylides excisus*, гельмінтоз коропа, паразитарні інвазії у риб, морфологія крові коропа, зміни гематологічних показників

Багато хвороб риб спричиняють значну смертність як в аквакультурі, так і в рибальстві, а деякі з них також викликають захворювання у людей у різних регіонах світу. Більшість паразитичних організмів є умовно-патогенними і можуть постійно бути присутніми в акваріумі або на рибі в невеликій кількості, спричиняючи захворювання лише тоді, коли риба перебуває у стані стресу [1].

Для підвищення ефективності рибного господарства важливо забезпечити епізоотичне благополуччя особистих господарств та здійснювати профілактичні й лікувальні заходи проти найпоширеніших паразитарних хвороб риб. Інвазійні хвороби завдають значних економічних збитків рибним господарствам України. Паразити ускладнюють вирощування повноцінної риби, знижують її вгодованість і швидкість росту, при цьому риба втрачає у вазі від 15% до 20%. При високій екстенсивності та інтенсивності захворювання відбувається загибель риби [2].

Нематода *Eustrongylides excisus* є досить поширеним гельмінтом серед різних видів риб у прісноводних та солоних водоймах України. Її широкому поширенню сприяє чутливість до цього паразита різних видів гідробіонтів [3]. Вперше в Італії було зареєстровано *Eustrongylides* spp. в м'язах європейського окуня, виловленого з озера Трасімено [4]. У Північно-Західній Болгарії в чотирьох місцях річки Дунай у бичка реєстрували нематоду *E. excisus* [5].

Зміна навколишнього середовища впливає на кров, кількість клітин та їх розподіл [6]. Морфологічні показники крові є індикаторами екологічного та антропогенного впливу, а також біологічними маркерами стану здоров'я риби [7]. При вирощуванні риби в аквакультурі параметри крові є корисними критеріями для демонстрації фізіологічного стану та порушень які надають важливу інформацію для прогнозування і діагностики захворювань різної етіології. Морфологічні показники також використовуються для виявлення фізіологічних змін у риби та непрямого моніторингу водних екосистем [8].

Європейська Комісія встановила, що оператори харчової промисловості повинні гарантувати, що рибні продукти піддаються візуальному огляду з метою виявлення видимих паразитів перед розміщенням на ринку [9].

Мета роботи. З'ясувати вплив нематоди *Eustrongylides excisus* на морфологічні показники крові коропа звичайного.

Матеріали і методи. Морфологічні показники крові визначали у 10 спонтанно інвазованих *E. excisus* і 10 неінвазованих короїв 3-х річного віку, вилучених з рибних господарств ТОВ «Акварест» і ТОВ «Аквасіті» Одеської області. Кров відбирали шляхом каудотомії. Забір крові проводили з дотриманням правил асептики та антисептики, відповідно до існуючих вимог [10]. У крові визначали: кількість еритроцитів і лейкоцитів підрахунком у лічильній камері сітки Горяєва; диференційний підрахунок лейкоцитів шляхом мікроскопії мазків крові, фарбованих за Романовським-Гімза; концентрацію гемоглобіну – гемоглобінціанідним методом (з ацетон-ціангідрином) [11].

Результати досліджень. При проведенні патологоанатомічних досліджень короїв звичайних (*Cyprinus carpio*) 3-х річного віку, вилучених із ставів ТОВ «Акварест» і ТОВ «Аквасіті» реєстрували ураження личинками нематої *Eustrongylides excisus*. Було чітко виражене загальне виснаження риби та велика кількість слизу в лусці і збільшення об'єму черевної порожнини. Виявлено, що личинки не інкапсульовані і були вільно розташовані на поверхні таких органів, як печінка, нирки та стінки травної трубки. У короїв одноліток і дволіток з цих водойм *E. excisus* не реєстрували.

При з'ясуванні впливу *E. excisus* на морфологічні показники крові короїв встановлено, що вміст гемоглобіну в дослідній групі вірогідно ($p < 0,001$) зменшився на 12,5% і становив $71,6 \pm 1,01$ г/л, порівняно з $81,8 \pm 0,92$ г/л в контрольній групі, що вказує на токсичний вплив нематої на організм риби. Кількість еритроцитів вірогідно ($p < 0,001$) зменшилася на 36,8% ($1,2 \pm 0,1$ Т/л) проти $1,9 \pm 0,1$ Т/л у контролі, а кількість лейкоцитів збільшилася на 14,8% ($p < 0,001$).

У короїв, інвазованих *E. excisus* реєстрували вірогідне ($p < 0,01$) збільшення кількості базофілів на 102,0% ($1,01 \pm 0,10\%$), порівняно з показниками у контрольній групі – ($0,50 \pm 0,11\%$) та еозинофілів на 97,6% ($0,81 \pm 0,02\%$, $p < 0,001$), порівняно до контролю – ($0,41 \pm 0,01\%$). Кількість паличкоядерних нейтрофілів у дослідній групі короїв вірогідно збільшилася на 45,9% ($3,21 \pm 0,14\%$, $p < 0,001$), сегментоядерних нейтрофілів – на 43,9% ($2,59 \pm 0,22\%$, $p < 0,05$), порівняно до контролю – $2,20 \pm 0,21\%$ і $1,80 \pm 0,15\%$, відповідно. Реєстрували незначне зменшення кількості лімфоцитів на 4,4%, порівняно до контролю та вірогідне ($p < 0,05$) збільшення моноцитів на 40,2% ($4,50 \pm 1,01\%$), порівняно з контрольною групою ($3,21 \pm 0,12\%$).

Таким чином, продукти життєдіяльності нематод пригнічують функціонування органів, що утворюють антитіла, а також інших імунокомпетентних органів, негативно впливаючи на швидкість та стан дозрівання лімфоцитів. Оскільки лімфоцити активно сприяють формуванню несприйнятливості та стійкості до агресивних компонентів «мікрооточення», зараженість короєвих риб збудником *Eustrongylides excisus* знижує їхню природну опірність і резистентність до вірусів, інших патогенних мікроорганізмів та мікозів.

Висновок. При інвазуванні коропа звичайного нематодою *Eustrongylides excisus* у морфологічних показниках крові реєстрували зменшення вмісту гемоглобіну і кількості еритроцитів на 12,5% і 36,8%, а в лейкограмі – збільшення кількості базофілів на 102,0% і еозинофілів на 97,6%, лімфопенію, що вказує на імунодефіцитний стан та моноцитоз.

Бібліографія

1. Gebremedhn, H. G., & Tsegay, A. K. (2017). Review on distribution of endo-parasites of fish in Ethiopia. *Parasite epidemiology and control*, 2(4), 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.parepi.2017.10.002>.
2. Pukalo, P., & Shekk, P. (2018). Parasitic diseases of fish in the ponds of farms of the Lviv Regional Fishery Plant. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 20(83), 141–144. <https://doi.org/10.15421/nvlvet8327>.
3. Гончаров, С.Л., Сорока, Н.М., & Дубовий, А.І. (2017). Сезонна динаміка зараження хижих видів риб нематодами *Eustrongylides Excisus* Jägerskiöld, 1909 (Nematoda: Dioctophymatidae) у Дніпро-Бузикому лимані та дельті Дніпра. *Біологія тварин*, 19(4), 16–23. <http://doi.org/10.15407/animbiol19.04.016>.
4. Dezfuli, B.S., Manera, M., Lorenzoni, M., Pironi, F., Shinn, A.P., & Giari, L. (2015). Histopathology and the inflammatory response of European perch, *Perca fluviatilis* muscle infected with *Eustrongylides* sp. (Nematoda). *Parasites & vectors*, 8, 227. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0838-x>.
5. Zaharieva, R.G., Zaharieva, P.G., & Kirin, D.A. (2023). Ecological study on helminths of three species of Gobiidae from the Danube River, Bulgaria. *Helminthologia*, 60(1), 63–72. <https://doi.org/10.2478/helm-2023-0008>.
6. Srivastava, S., Choudhary, S.K. (2010). Effect of artificial photoperiod on the blood cell indices of the catfish, *Clarias batrachus*. *Choudhary Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 68(1), 22–32.
7. Çelik E.S. (2004). Blood chemistry (electrolytes, lipoproteins and enzymes) values of Black Scorpion Fish (*Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758) in the Dardanelles, Turkey. *Journal of Biological Sciences*, 4(6), 716–719. <https://doi.org/10.3923/jbs.2004.716.719>.
8. Satheeshkumar, P., Ananthan, G., Senthil Kumar, D. & Jagadeesan, L. (2011). Haematology and biochemical parameters of different feeding behaviour of teleost fishes from Vellar estuary, India. *Comparative Clinical Pathology*, 5, 1–5. <https://doi.org/10.1007/s00580-011-1259-7>.
9. European Commission (2005). Commission Regulation of 5 December 2005 N 2074/2005 laying down implementing measures for certain products under Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament. In: *Official Journal*, L238, 22.12.2005.
10. Секретарюк К.В. (2001). *Лабораторна діагностика інвазійних хвороб риб*. Львів, 204 с.
11. Влізла, В.В., Федорук, Р.С., Ратич І.Б. та ін. (2012). *Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині*. Довідник: за ред. В.В. Влізла. Львів: Сполом, 764 с.

Олексій Бровко, Сергій Лютих, Ірина Ткачова

МОЛОЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ КОБИЛ НОВООЛЕКСАНДРІВСЬКОЇ ВАГОВОЗНОЇ ПОРОДИ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК З ПАРАМЕТРАМИ ТІЛА І ВИМ'Я

*Інститут тваринництва Національної академії аграрних наук України,
61-026 Харків, Україна; E-mail: tkachova_i@i.ua*

Ключові слова: коні (*Equus caballus*), новоолександрівська вагвозна порода, молочність, параметри вим'я кобил

Вступ. Проблема збереження біологічного розмаїття тварин останніми десятиріччями є однією з головних сучасних проблем сільськогосподарської науки і практики. Особливо це стосується таких видів тварин, як вагвозні коні,

що втрачають своє значення як військовий, тягловий та транспортний засіб. Коні ваговозних порід беруть свій початок від крупних бойових коней середньовіччя, завданням яких було возити на собі воїнів у металевих обладунках при цьому самі мали металевий захист. У подальшому важкі коні використовувались для переміщення гармат та іншого бойового знаряддя і вантажу, а також використовувались на сільськогосподарських роботах. З розвитком машинобудування потреба у ваговозних конях зникла і через це були втрачені породи коней з унікальним генотипом. Втім, в багатьох країнах локальні породи ваговозів зберігаються на рівні національного надбання. Так зберігають породи: арденську, бельгійську, клейдесдальську, шайрську, першеронську, бретонську, суффольк тощо. Ваговозні коні використовуються у виробництві органічної аграрної продукції, у рекреаційних цілях, кінному туризмі, на лісозаготівлях та інших роботах, де застосування техніки неможливе або недоцільне. У деяких етнорелігійних громадах (меноніти, аміші) традиційно використовують кінні транспортні засоби у своєму побуті. Оригінальні породи ваговозних коней використовуються у культурних і традиційних заходах деяких країн: різноманітних шоу, народних святах, змаганнях, чемпіонатах з перевезення вантажу, туризмі, історичних реконструкціях. Крім того, ваговозні породи стали генетичною основою багатьох сучасних спортивних порід коней.

Україна є країною-оригіном унікальної ваговозної породи – новоолександрівської, створеної зусиллями вітчизняних вчених і селекціонерів. Краці ваговозні породи Європи з'явилися у господарствах України у 1860-1880-х роках з розвиненням сільського господарства і промисловості. На генетичній основі бельгійських арденів та брабансонів, французьких першеронів, шотландських клейдесдалів та місцевих, добре пристосованих до кліматичних умов України коней, впродовж понад сторіччя створено новоолександрівську ваговозну породу. Новоолександрівську ваговозну породу визнано у 1998 році.

Використання новоолександрівської ваговозної породи не обмежується транспортним та сільськогосподарським використанням, порода використовується у кількох господарствах для виробництва кумису. Молоко кобил також може бути сировиною для виробництва лікарських препаратів та косметологічних засобів. Варто зауважити, що у країнах розвинутої економіки виробництво молока кобил на органічних фермах є одним з перспективних напрямів тваринництва. Це виробництво високоприбуткове, не потребує значних витрат коштів, енергії та людських ресурсів, безпечне для екології, адже передбачає органічне, натуральне тваринництво. Висока ідентичність хімічного складу молока кобил до жіночого дає підставу до широкого його використання у дитячому харчуванні, як прикорму немовлят на штучному харчуванні так і виробництва молочних продуктів з пребіотичними якостями для дітей усіх вікових груп. У Фінляндії, Німеччині, Казахстані молоко кобил широко досліджено у педіатрії, розроблені технології його переробки і тривалого зберігання. Так, у Німеччині (ТМ «Saumalmilk», ТМ «Zollmann», GmbH & Co.),

Казахстані (Казахська академія харчування) застосовується технологія сублімації, що дозволяє отримувати сухе молоко кобил, яке на 99 % відповідає свіжому аналогу. Найкращим прикладом прибуткового продуктивного конярства можна вважати ферму «Kurgestüt Hoher Odenwald» у Німеччині, де на 450 га землі утримують 400 кобил (типу некрупного ваговоза), працює цех глибокого заморожування і цех сублімації молока для виробництва кумису, інших біопродуктів і косметичних засобів. Технологія отримання сухого молока дозволяє продавати біо-кумис з цієї ферми під власною торговою маркою «Zollmann» по всій Європі. Про високий прибуток цього виробництва свідчить той факт, що вартість 200 мл біо-кумису становить 4,90 євро.

Метою роботи було визначення молочної продуктивності кобил новоолександрівської ваговозної породи, виведеної в Україні, та впливу на неї промірів тіла і параметрів вим'я.

Матеріали і методи. В умовах Дібрівського кінного заводу № 62 (філії ДП «Конярство України» Полтавської області проведено дослід з вивчення молочності кобил новоолександрівської ваговозної породи. Для дослідів відібрано 16 здорових кобил, що благополучно вижеребилися здоровими лошатами. Проведені контрольні доїння з використанням переносних доїльних апаратів ДДУ-2 у червні-вересні (сезон доїння кобил для виробництва кумису). Кобил впродовж доби доїли до 9 разів з інтервалом у 2 години, тривалість доїння – до 2 хв. Впродовж доїння лошата знаходилися у доїльному залі в окремій близькій видимості кобил, що сприяло рефлексу віддачі молока і нервовій рівновазі кобили та її лошати. Лошата у день контрольного доїння отримували необхідну кількість молока через штучне випоювання, що не відобразилося на їх стані. Після кожного доїння вимірювали кількість молока у відрі, загальний добовий надій визначали як суму усіх доїнь за добу.

Молочну продуктивність визначали як добовий надій помножений на кількість днів лактації. Встановлювали взаємозв'язок молочної продуктивності кобил із промірами тіла та параметрами вим'я. Проміри тіла визначали – висоту в холці та навкісну довжину тулуба – мірною палицею, обхват грудей та обхват п'ястка – мірною стрічкою. Параметри вим'я (обхват, довжина, глибина) вимірювали мірною стрічкою. Взаємозв'язки між дослідженими показниками визначали шляхом розрахунку коефіцієнта кореляції (r).

Усі експериментальні дослідження проведені відповідно до сучасних методичних підходів, вимог та стандартів (DSTU ISO/IEC 17025:2019, 2021), Директиви 2010/63/ЄС (2010), Порядку проведення випробувань на тваринах у науково-дослідних установах (Закон України № 249, 2012 р.) та згідно з Положенням Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, яких використовують для експериментальної та іншої наукової мети (Страсбург, 1985 р.).

Результати та обговорення. Молочна продуктивність досліджених кобил новоолександрівської ваговозної породи (n = 16) за 150 діб лактації у середньому

склала $2448,81 \pm 163,6$ кг молока з лімітами $\text{lim} = 3792-1603$ кг. Висота в холці досліджених кобил склала $150,4 \pm 0,75$ см, а отже – коні новоолександрівської ваговної породи відносяться до некрупних ваговозних коней, близьких до арденів. Навкісна довжина тулуба – $158,4 \pm 0,98$ см – значно переважає висоту в холці, що свідчить про виразний запряжний тип. Обхват грудей – $192,8 \pm 1,72$ см, обхват п'ястка – $21,9 \pm 0,22$ см. Параметри вим'я становили: обхват – $65,6 \pm 1,25$ см, довжина – $19,7 \pm 0,44$ см, глибина – $18,4 \pm 0,33$ см.

Встановлено, що показник молочної продуктивності кобил новоолександрівської ваговної породи з різною силою та значенням вірогідно ($P > 0,95$) пов'язаний із розмірами тіла: висотою в холці ($r = 0,511$), навкісною довжиною тулуба ($r = -0,033$), обхватом грудей ($r = 0,200$), обхватом п'ястка ($r = 0,130$). Тобто, висота в холці кобил має найбільший вплив на їх молочну продуктивність, довжина тулуба практично не має впливу на молочну продуктивність, обхват грудей та п'ястка має рівень впливу до 20%.

Більш вагомі зв'язки показників молочної продуктивності кобил зафіксовані із параметрами вим'я: обхватом ($r = 0,632$), довжиною ($r = 0,616$) та значно менший – з глибиною вим'я ($r = 0,184$).

Молочна продуктивність кобил різних порід мало вивчена, втім, цей показник важливий у сенсі розвитку ринку органічних продуктів харчування, лікарських препаратів та косметичних засобів.

Висновки. Встановлено рівень молочної продуктивності кобил новоолександрівської ваговної породи та її значний зв'язок із висотою в холці, обхватом і довжиною вим'я.

Марина Гарашук, Людмила Галузіна
ВПЛИВ АМАРАНТОВОЇ ОЛІЇ НА ПРОЦЕСИ МЕТАБОЛІЗМУ У
ЛАБОРАТОРНИХ ЩУРІВ

Дніпровській державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

E-mail: garashukmi@gmail.com, GalyzinaL.I@i.ua

Ключові слова: *амарантова олія, метаболізм, сквален, морфо-функціональні показники крові, біохімічні показники крові*

Вступ. На сучасному етапі розвитку практичної ветеринарної медицини все активнішими та більш актуальними стають пошук, розробка і впровадження екологічно чистих, низькотоксичних біологічно активних речовин, які можна було б застосовувати тваринам фізіологічним шляхом. Найбільш сприятливими для тварин є біологічно активні речовини природного походження, до яких відносяться рослинні олії.

Використання біологічно активних речовин дозволяє впливати на процеси обміну та окремі функції організму і, таким чином, спрямовувати в бажаному напрямку метаболізм, а через нього керувати ростом та продуктивністю тварин, станом їх природної резистентності.

В останні роки великий інтерес у фахівців викликає рослина амарант (*Amarantus*), яка має давні традиції використання в харчовій і медичній практиці. Аналіз хімічного складу зерна амаранту показує, що воно містить в середньому 20,0% білку, 10% ліпідів і 16% харчових волокон, що вище, ніж у більшості зернових культур.

Включення амарантової олії до раціону покращує функцію нирок та печінки, зменшує прояв токсикозів; нормалізує показники сечі і крові; м'яко впливає на слизову оболонку шлунка і кишечника. У роботах різних авторів є дані, що застосування амарантової олії відновлює роботу клітин епітелію, пригнічує розвиток патогенних мікроорганізмів, допомагає відновленню роботи залоз внутрішньої секреції, кровоносної системи; попереджає і захищає від розвитку ерозивних процесів, що сприяє зміцненню імунної та гормональної систем, усунення порушення обміну речовин, виведенню шлаків, радіонуклідів і солей важких металів з організму, поліпшенню стану при анемії, нормалізації роботи шлунково-кишкового тракту та інших функцій організму.

Головною особливістю амарантової олії, що відрізняє його від всіх відомих олій, є високий вміст в ньому таких біологічно активних компонентів, як фітостероли (до 2%) та сквален (від 2 до 8%).

Сквален $C_{30}H_{50}$ – природний ациклічний тритерпен з шістьма подвійними зв'язками, а саме: 2,6,10,15,19,23-гексаметил – 2,6,10,14,18,22-тетракозагексаєн. Сквален виконує в організмі роль регулятора ліпідного і стероїдного обмінів, холестерину, будучи попередником цілого ряду стероїдних гормонів і вітаміну Д. Фітостероли мають антитерогенні, протизапальні, антиоксидантні властивості. В організмі вони діють поліфункціонально. Сквален в чистому вигляді отримують з печінки глибоководних акул, де, в залежності від виду акул, його вміст може доходити до 90 %, але це є дорогою за собівартістю технологією отримання. Він є незамінним компонентом клітинних мембран і присутній у всіх клітинах організму. Це один з головних захисників клітин, він служить джерелом кисню, сприяє насиченню тканин та органів киснем, за рахунок хімічної реакції з водою в результаті чого виділяється кисень. Кисень сприяє більш інтенсивним процесам метаболізму в клітинах, а його дефіцит, поряд з руйнівним впливом оксидантів, причиною розвитку пухлин. Саме тому сквален має високі онкопротекторні властивості. В останній час сквален як антиканцерогенна, антимікробна і фунгіцидна речовина, яка попереджує кисневе голодування клітин застосовують в геронтології. Потрапляючи в організм людини, сквален омолоджує клітини, підвищує імунітет і проявляє імуностимулюючий ефект.

Метою роботи було дослідження впливу амарантової олії холодного віджиму на загальний стан, показники росту лабораторних щурів, морфо-функціональні та біохімічні показники їх крові.

Матеріали та методи. В досліді використовували статевозрілих самців білих щурів 2-х місячного віку. Щури знаходились в стандартних клітках та

отримували повноцінний раціон. Для проведення дослідження було сформовано дві групи тварин: контрольна та дослідна, по 8 тварин в кожній групі. Дослід тривав чотири тижні, на протязі яких тварини дослідної групи щоденно отримували додатково до основного корму відстояну амарантову олію в кількості 0,1 мл кожному шуру, та вільне випоювання води.

Амарантову олію вводили per os за допомогою спеціального катетера з дозатором. Тваринам контрольної групи таким же чином аналогічно вводили воду в відповідній кількості.

Результати та обговорення. Упродовж всього часу досліджень у щурів дослідної та інтактної групи не спостерігалось відхилень в поведінці, тварини були здорові і мали добрий апетит. Аналіз отриманих даних показав, що у щурів дослідної групи, відмічено зростання абсолютного і середньодобового приростів.

Було відмічене також зниження частоти серцевих скорочень у щурів дослідної групи на 12% відносно такого ж показника у тварин інтактної групи. У щурів дослідної групи, яким задавали амарантову олію, було відмічено вірогідне збільшення вмісту гемоглобіну на 10 %, вміст еритроцитів збільшився на 15% по відношенню цих показників до вмісту у тварин контрольної групи. Показник гематокриту, який відображає відсоткове співвідношення об'єму формених елементів та загального об'єму крові, мав тенденцію до збільшення у тварин дослідної групи на 18%. Про відсутність токсичного впливу амарантової олії холодного віджиму на процеси лейкопоезу вказує той факт, що загальна кількість лейкоцитів та показники лейкоцитарної формули знаходяться в межах фізіологічної норми. Важливими параметрами гомеостазу цілісного організму є показники протеїнового обміну, одним з головних є кількість загального протеїну.

Рівень загального білка в сироватці крові характеризує забезпеченість організму пластичними та поживними речовинами. Наші дослідження показали, що на тлі застосування амарантової олії вміст загального білку у крові щурів вірогідно збільшується в середньому на 10%, а кількість альбумінів на 25%, в порівнянні з цими показниками у тварин контрольної групи. Це може свідчити про покращення біосинтетичної функції печінки та гепатопротекторної дії олії, на що вказує також зниження вмісту в крові загального білірубіну.

Важливим показником інтенсивності обміну речовин в організмі тварин є рівень глюкози крові. В наших дослідженнях було відмічено, що в крові щурів дослідної групи спостерігається зниження рівня глюкози. Вірогідно рівень глюкози знизився на 22% в крові тварин дослідної групи, відносно рівня її в крові тварин контрольної групи.

Активність ензимів плазми крові є важливим показником функціонального стану життєво важливих органів та обміну речовин в організмі. Аланінамінотрансфераза (АЛТ) забезпечує переамінування в реакціях з участю

аланіну, а аспаратамінотрансфераза (АСТ) каталізує зворотнє перенесення аміногрупи з аспарагінової кислоти на α -кетоглутарову. По даним наших досліджень, показники активності ферментів АСТ та АЛТ в крові тварин як контрольної, так і дослідної групи знаходились в межах фізіологічної норми, що свідчить про відсутність негативного впливу амарантової олії на проникність та мозаїчність мембран гепатоцитів і кардіоміоцитів.

Висновки. Додавання до раціону лабораторних щурів протягом чотирьох тижнів амарантової олії холодного прямого віджиму покращує показники загального метаболізму; у тварин відмічено зростання абсолютного і середньодобового приросту; покращується стан еритронару крові за рахунок підвищення кількості еритроцитів та вмісту гемоглобіну; покращується біосинтетична функція печінки, про що вказує збільшення в крові дослідних щурів вміст загального білку, та кількість альбумінів; позитивно впливає на фільтраційну та екскреторну функцію нирок; не викликає зміни активності ензимів плазми крові; посилює енергетичне забезпечення процесів метаболізму.

Алла Гунчак, Ольга Стефанишин, Ярослав Сірко, Богдан Кирилів
ВПЛИВ ЗМІНИ РАЦІОНУ НА ЯКІСНИЙ І КІЛЬКІСНИЙ СКЛАД
МІКРОФЛОРИ КИШЕЧНИКУ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ

Інститут біології тварин НААН, вул. Василя Стуса, 38, 79034 Львів, Україна

E-mail: oliastef@ukr.net

Ключові слова: *птиця, бройлери, мікробіоценоз*

Вступ. Птахівництво є світовим лідером серед усіх видів тваринництва. Виробники стикаються з багатьма проблемами під час вирощування, які залежать від типу продуктивності, напряму використання та вимог споживачів. Протягом багатьох років метою було підвищення виробничих показників, зокрема, збільшення ваги (або кількості яєць). приросту ваги (або кількості яєць), одночасно намагаючись зменшити споживання корму. Тому дуже важливо забезпечити біобезпеку під час виробництва. Це може вплинути на роботу імунної системи та стан здоров'я птахів. Корм, вода, а також умови навколишнього середовища, включаючи світло, наявність газів і пилу, а також температура, відіграють важливу роль у виробництві продукції птахівництва [1-3].

Мікробні асоціації кишечника субстратспецифічні й тому залежать від присутності поживних речовин у зоні заселення. Зрушення в мікробіоценозі кишечника птиці можуть бути спричинені стресом, що пов'язаний з раціоном, наприклад, зі зміною харчових інгредієнтів, антигенами в кормі, патогенними мікроорганізмами. Здоров'я кишечника є критично важливим для травлення і засвоєння поживних речовин і, таким чином, є ключовим фактором, що визначає продуктивність [4, 5]. Проблеми зі здоров'ям кишечника дуже поширені у високопродуктивних лініях птахівництва через високе споживання

корму, що чинить тиск на фізіологію травної системи. Надлишок поживних речовин, які не перетравлюються і не всмоктуються в тонкому кишечнику, може спровокувати дисбактеріоз, тобто зміну складу мікробіоти в кишечниковому тракті. Дисбактеріоз, як і інші стресові фактори, викликає запальну реакцію і втрату цілісності щільних з'єднань між епітеліальними клітинами, що призводить до протікання кишківника.

Досліджуючи механізми здоров'я кишечника, люди зрозуміли, що відтепер прогрес у годівлі птиці може бути досягнутий лише за умови врахування впливу на здоров'я кишечника будь-яких змін у рецептурі корму та/або його переробці [6].

Матеріали і методи. З метою дослідження інтенсивності метаболічних процесів в організмі курчат-бройлерів за умови зміни якісного складу жирового компоненту корму дослід проведено в умовах віварію Інституту біології тварин НААН.

Для бройлерів «СОВВ 500» був розроблений збалансований раціон з урахуванням рекомендацій для максимальної реалізації генетичного потенціалу кросу (врахування показників розвитку та годівлі птиці). Було проведено аналіз якості компонентів корму для приготування відповідних комбікормів.

Курчат 10-добового віку, після попереднього зважування кожної особини, було сформовано у п'ять груп (по 20 голів) контрольну і чотири дослідні. Утримання і годівля – відповідали технологічним вимогам вирощування курей в клітках. Птиця контрольної групи одержувала комбікорм, склад якого представлено в таблиці 1.

Таблиця 1. Склад і поживна цінність комбікормів для курчат-бройлерів (К група)

Інгредієнти корму	Вік птиці, днів			
	9-20 (стартер)	21-28 (гровер-1)	29-38 (гровер-2)	39-45 (фініш)
Кукурудза 7,5 %	27,10	30,30	33,70	37,30
Пшениця 10,5%	25,00	25,00	24,00	23,00
Макуха соєва 41 %	42,00	38,40	35,50	32,70
Nutrimin 2,5 %, Starter	2,50	2,50	2,50	2,50
Олія соєва	2,30	2,80	3,40	3,80
Кормова крейда, 36 %	1,05	0,95	0,85	0,70
Поживна цінність комбікорму, %				
Обмінна енергія, ккал	301,42	306,42	312,11	316,59

Раціони для курчат-бройлерів дослідних груп різнилися від контрольного якістю та кількістю жиру. Зокрема, в комбікормах для птиці 1-, 2-, 3- та 4-ої дослідних груп соєву олію замінювали ліпосомальною емульсією шляхом її введення у кількості, що становила (в перерахунку) 20, 30, 40, 50 % від умісту жиру в олії. Упродовж всього періоду проведення дослідів слідкували за

фізіологічним станом курчат-бройлерів, приростами маси тіла та збереженістю поголів'я. Після дорощування птиці до 45-добового віку було проведено зважування кожної особини з групи та їх забій. Для проведення мікробіологічних досліджень було відібрано проби хімусу сліпих кишок. Під час проведення досліджень на птиці дотримувалися принципів біоетики, законодавчих норм та вимог

Результати та обговорення. У складі мікробоценозу вмісту сліпої кишки бройлерів контрольної та 1-ої дослідної груп вірогідних відмінностей встановлено не було. Усі показники не перевищували загально допустимі норми. Лактозонегативні ентеробактерії та гемолізуючих штамів кишкової палички були виявлені у слідовій кількості. Кількість біфідо- та лактобактерій в обох групах була високою – 10^{10} КУО/г.

Всі види мікроорганізмів сліпих кишок птиці 2-ої дослідної групи (птиця отримувала 30% ліпосомальної емульсії) зазнавали тенденції до зниження в порівнянні із контрольною групою тварин, але ці значення не були вірогідними. Видовий склад облігатної мікрофлори вмісту сліпих кишок курчат бройлерів практично не відрізнявся від вмісту сліпих кишок бройлерів контрольної групи і був представлений, переважно, кишковою паличкою, біфідобактеріями, лактобактеріями та ентерококами (табл. 2).

Співвідношення окремих штамів з різною ферментативною активністю становило приблизно, як 95 до 5 відсотків, що є у фізіологічних межах. Серед факультативної мікрофлори було виявлено колонії непатогенного стафілококу, протею, що не перевищували загально допустимі норми. Кількість біфідо- та лактобактерій в 2-ій дослідній групі становила 10^8 – 10^{10} КУО/г.

Вміст сліпої кишки бройлерів 3-ої дослідної групи характеризувався співвідношенням штамів *E. coli* з нормальною ферментативною активністю до слабоферментуючих штамів, як 94 до 6 на фоні тенденції до зниження загальної кількості кишкової палички. Вміст кокових форм у загальній кількості мікроорганізмів у вмісті сліпої кишки бройлерів 3-ої дослідної групи був на 1,12% вищий, ніж у бройлерів контрольної групи. Кількість біфідо- та лактобактерій в 3-ій дослідній групі становила 10^8 – 10^{10} КУО/г.

У вмісті сліпої кишки бройлерів 4-ої дослідної групи було відзначено вірогідне зменшення співвідношення окремих штамів з різною ферментативною активністю, приблизно, як 90 до 10, проте зміни загальної кількості кишкової палички не були вірогідними, порівняно з відповідним показником у контрольній групі. Усі показники не перевищували загально допустимі норми. Також виявлені вірогідні зміни у кількості кокових форм мікроорганізмів. Лактозонегативні ентеробактерії та гемолізуючі штами кишкової палички не перевищували 25% від загальної кількості мікроорганізмів.

Таблиця 2. Склад мікрофлори сліпих кишок бройлерів (M ± m, n = 5)

Показник	К	Д 1	Д 2	Д 3	Д 4
Загальна к-ть <i>E. coli</i> , КУО/г	(3,01±0,35)×10 ⁸	(3,09±0,51)×10 ⁸	(2,96±0,32)×10 ⁸	(2,92±0,54)×10 ⁸	(2,83±0,12)×10 ⁸
нормальноферментуючі (<i>lac</i> ⁺), %	96,27 ± 2,75	95,63 ± 2,70	94,96 ± 1,03	93,70 ± 2,17	89,96 ± 1,03***
слабоферментуючі (<i>lac</i> [±]), %	3,73 ± 2,75	4,37 ± 2,70	5,04 ± 1,03	6,30 ± 2,17	10,04 ± 1,03***
Ентеробактерії (<i>lac</i> ⁻), КУО/г	(0-1)×10 ²	(0-1)×10 ²⁰	(0-1)×10 ²	(0-1)×10 ²	(0-1)×10 ²⁰
Кокові форми в загальній кількості мікробів, %	9,32 ± 1,15	9,50 ± 1,25	10,14 ± 1,45	10,44 ± 1,39	11,69 ± 1,36*
Біфідобактерії, КУО/г	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ⁸ -10 ¹⁰	10 ⁸ -10 ¹⁰
log ₁₀ КУО/г	10,00	10,00	10,00	9,33 ± 0,67	9,33 ± 0,67
Лактобактерії, КУО/г	10 ¹⁰	10 ⁹ -10 ¹⁰	10 ⁸ -10 ¹⁰	10 ⁸ -10 ¹⁰	10 ⁹ -10 ¹⁰
log ₁₀ КУО/г	10,00	9,33 ± 0,67	9,40 ± 0,60	9,40 ± 0,60	9,60 ± 0,40
Грибки <i>Candida</i> , log ₁₀ КУО/г	0	0	0	0	2,37 ± 0,08
Цвілеві гриби, КУО/г	0	0	(0-2)×10 ²	(0-2)×10 ²	(1-3)×10 ²
Протей, log ₁₀ КУО/г	2,05 ± 0,05	2,05 ± 0,05	2,25 ± 0,50	2,39 ± 0,29	2,74 ± 0,37

* – статистична вірогідність показника відносно контролю: * – P < 0,05; ** – P < 0,01; *** P < 0,001.

Застосування для птиці 1-, 2-, 3-ої дослідних груп заміни частини соєвої олії шляхом уведення ліпосомальної емульсії в кількості, що становила 20, 30, 40 % умісту жиру в кормі щодо стану мікробіоценозу вірогідних відмінностей встановлено не було. Усі зміни які відбувалися у складі облигатної та факультативній мікрофлори були у рамках фізіологічних норм. Лише у птиці четвертої групи, яка з кормом отримувала 50% ліпосомальної емульсії, було відзначено вірогідне зменшення загальної кількості кишкової палички та вірогідні зміни у кількості кокових форм мікроорганізмів. Проте усі показники не перевищували загально допустимі норми.

Висновки. Згідно з отриманими результатами, застосування ліпосомальної емульсії замість частини соєвої олії у кормі птиці не призвело до відмінностей у стані мікробіоценозу, що відповідали фізіологічним нормам, у перших трьох дослідних групах. Лише у групі, яка отримувала 50% ліпосомальної емульсії, спостерігалось помітне зменшення кількості кишкової палички та зміни в кількості кокових форм мікроорганізмів, проте всі ці зміни залишалися в межах допустимих норм. Таким чином, отримані результати свідчать про можливість використання в годівлі птиці жирової добавки «Модифікована ліпосомальна емульсія».

Бібліографія

1. Akram, M., Munir, N., Daniyal, M., Egbuna, C., Găman, M., Onyekere, P.F., & Olatunde, A. (2020). Vitamins and Minerals: Types, Sources and their Functions. In: *Functional Foods and Nutraceuticals*. Publisher: Springer, p. 149-172. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42319-3_9.
2. El-Tarabany, M.S., Ahmed-Farid, O.A., El-Bahy, S.M., Nassan, M.A., & Salah, A.S. (2022). Muscle oxidative stability, fatty acid and amino acid profiles, and carcass traits of broiler chickens in comparison to spent laying hens. *Frontiers in veterinary science*, 9, 948357. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.948357>.
3. Barzegar, S., Wu, S.B., Choct, M., & Swick, R.A. (2020). Factors affecting energy metabolism and evaluating net energy of poultry feed. *Poultry science*, 99(1), 487–498. <https://doi.org/10.3382/ps/pez554>.
4. Cherian G. (2015). Nutrition and metabolism in poultry: role of lipids in early diet. *Journal of animal science and biotechnology*, 6(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0029-9>.
5. Ge, X.K., Wang, A.A., Ying, Z.X., Zhang, L.G., Su, W.P., Cheng, K., Feng, C.C., Zhou, Y.M., Zhang, L.L., & Wang, T. (2019). Effects of diets with different energy and bile acids levels on growth performance and lipid metabolism in broilers. *Poultry science*, 98(2), 887–895. <https://doi.org/10.3382/ps/pey434>.
6. Oketch, E.O., Wickramasuriya, S.S., Oh, S., Choi, J.S., & Heo, J.M. (2023). Physiology of lipid digestion and absorption in poultry: An updated review on the supplementation of exogenous emulsifiers in broiler diets. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 107(6), 1429–1443. <https://doi.org/10.1111/jpn.13859>.

Роман Гунчак¹, Василь Гунчак², Марія Солтис²

ВПЛИВ СПОСОБУ ІММОБІЛІЗАЦІЇ НА МОРФОЛОГІЧНИЙ ПРОФІЛЬ КРОВІ ОЛЕНІВ (*CERVUS ELAPHUS*)

¹ФГ «Аміла», с. Радовичі Ковельського району Волинської області, Україна;

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С.З. Гжицького, м. Львів, Україна

Ключові слова: іммобілізація оленів, *Cervus elaphus*, морфологічний профіль крові, гематологічні показники у оленів, способи іммобілізації тварин

Вступ. Система вирощування благородного оленя в умовах ферми з метою отримання здорового поголів'я, цінної продукції (м'ясо) та якісних трофеїв (роги, панти) передбачає цілий комплекс біотехнічних, зоотехнічних та ветеринарно-санітарних заходів. За певних умов на оленячих фермах проводиться повна або часткова диспансеризація тварин [5]. Вона, зазвичай, включає, крім оцінки загального стану тварини, визначення маси її тіла (на певному етапі розвитку), копрологічні дослідження випорожнень на наявність яєць чи личинок гельмінтів та вибіркоче дослідження крові за морфологічними і біохімічними показниками. Знання складу крові і визначення діапазону референтних значень є ключовим фактором моніторингу індивідуального та стадного здоров'я тварин. Адже система крові – одна з наймобільніших і дуже швидко реагує на зміни гомеостазу організму.

Публікації в науковій літературі свідчать про те, що морфологічні й біохімічні показники крові благородних оленів мають широкі коливання [4, 7, 8),

часто представлені у зв'язку з певними експериментальними змінними [10] та мають корелятивний зв'язок з масою тіла, фізіологічним станом та рівнем фізичної активності тварин, їх віком, породою, статтю, впливом стресових чинників тощо [8]. Крім того, важливим в оцінці досліджуваних показників крові оленів є метод іммобілізації (знерухомлення) тварини [1, 2, 9]. Більшість описаних показників, отримані від тварин, які піддавалися анестезії чи міорелаксації з допомогою транквілізаторів. Вважається, що сама процедура відбору проб крові в оленів, які піддаються стресу, може суттєво впливати на отримані результати [3].

Метою цього етапу роботи було з'ясувати вплив методу іммобілізації тварин на морфологічні показники крові благородних оленів, вирощених в умовах фермерського господарства «Аміла», що знаходиться в зоні Західного Полісся України.

Матеріали і методи дослідження. Зважаючи на повідомлення ряду вчених [3, 9] про те, що результати морфологічних і біохімічних досліджень крові суттєво різняться у тварин за різних методів знерухомлення, нами для підтвердження чи можливого спростування такого твердження було використано два методи контакту з оленями при заборі крові.

Так, олені латвійського кросбрїду першої дослідної групи (D_1) ставали об'єктом досліджень після прогону їх через відповідну систему перехідних коридорів і фіксації у станку (боксі). В умовах фермерського господарства «Аміла» диких тварин цього виду, як правило, двічі на рік проганяють через лабіринти до центрального боксу з метою чіпування, перегруповування, відділення самців від самок, зважування, обрізання рогів, ветеринарно-профілактичних заходів, зокрема і дегельмінтизації. Власне у таких випадках появляється реальна можливість взяти в оленів кров для дослідження. Однак, необхідно враховувати, що за такої форми відлову дикі тварини зазнають, зазвичай, технологічного стресу, що, ймовірно, може мати свій відбиток на отриманих результатах.

Тваринам латвійського кросбрїду другої дослідної групи (D_2) застосовували медикаментозний метод іммобілізації. Для створення ефекту седації й міорелаксації та 30-ти хвилинного знерухомлення оленів нами використовувався ксилазинумісний препарат «Ксила» (Інтерхеми веркен «Де Адеяар» Есті АС, Естонія). Його вводили тваринам з допомогою спеціальної рушниці DAN inject в дозі 1 мл на 100 кг м.т. Час від введення препарату і до початку відбору проб крові складав 30-45 хв.

Кров для дослідження брали в оленів шляхом пункції із яремної вени. Мазки крові досліджували під світловим мікроскопом Leica Д 500. Лабораторний аналіз плазми крові проводили з допомогою аналізатора HumaLyzer 3000 і стандартних сертифікованих тест-наборів «Human Diagnostics Worldwide» (Німеччина), а окремі гематологічні дослідження на аналізаторі Mythik18Vet.

Результати та обговорення. Морфологічні і біохімічні показники крові можуть бути основою для оцінки стану здоров'я оленів диких популяцій з наявною клінічною картиною чи без, а також характеризувати забезпеченість тварин поживними і мінеральними речовинами, або бути реакцією на стресові чинники [6]. Функціонально кровотворна система чутлива до будь-яких змін в організмі, особливо до стресів.

За вивчення гематологічних показників у благородних оленів нами підтверджено результати досліджень багатьох вчених про те, що ці показники значно піддаються коливанням у зв'язку з особливостями взяття проб крові від тварин (табл. 1).

Таблиця 1. Морфологічний профіль крові оленів англійської популяції за різних способів знерухомлення ($M \pm m$, $n = 10$)

Показник	Од виміру	Референтні величини	Групи тварин	
			Д ₁	Д ₂
Еритроцити	Т/л	7,4-12,8	13,1 ± 0,7	11,4 ± 1,16*
Гемоглобін	г/л	120-182,0	176,3 ± 12,16	158,9 ± 8,2**
MCV	фл.	32,2-41,2	32,0 ± 1,1	33,3 ± 1,6
MCH	пг	14,4-16,9	13,5 ± 0,8	13,9 ± 0,66
MCHC	ммоль/л	19,8-25,4	26,1 ± 1,4	25,9 ± 1,8
Гематокрит	л/л	0,33-0,36	0,42 ± 0,02	0,38 ± 0,05
Кольоровий показник	–	0,9-1,2	1,14 ± 0,09	1,10 ± 0,02

У цій та наступних таблицях : * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Встановлено, що на тлі стресового чинника (прогін до стаціонарного боксу) в крові благородних оленів першої дослідної групи (Д₁) зростає, число еритроцитів, вміст гемоглобіну і гематокритна величина на 5,6, 4,4 і 10,5% відповідно, у порівнянні з показниками тварин (Д₂), іммобілізованих ксилазиновмісним препаратом. При цьому, отримані результати, зокрема щодо кількості в крові еритроцитів і вмісту гемоглобіну знаходились у межах референтних величин, а показник гематокриту був дещо вищим.

За оцінкою індексів крові з'ясовано, що середній об'єм еритроцита (MCV) і середній вміст гемоглобіну в одному еритроциті (MCH) у крові тварин групи Д₁ і Д₂ суттєво не відрізнялись. Стосовно насиченості еритроцитів гемоглобіном (MCHC), то підтверджено, що в оленів групи Д₁ і Д₂ за стресу, в нашому випадку швидше за все технологічного, зростання концентрації гемоглобіну в одному еритроциті (MCHC) є, очевидно, компенсаторною реакцією. На тлі тенденційного зростання числа лейкоцитів (на 28,8%) у крові оленів групи Д₁ порівняно з Д₂ нами, за оцінки лейкограми, відзначено вірогідне ($P < 0,01$) збільшення відсотка сегментоядерних нейтрофілів та виражену тенденцію до зростання в крові тварин цієї групи кількості лімфоцитів (табл. 2).

Таблиця 2. Лейкограма крові оленів англійської популяції залежно від методу іммобілізації тварин ($M \pm m$, $n = 5$)

Показник	ОД виміру	Референтні величини	Групи тварин	
			Д ₁	Д ₂
Лейкоцити	10 ⁹ /л	5,7-25,1	7,6 ± 1,06	5,9±0,9
Лейкограма (%):				
Нейтрофіли:		57-97	72,2 ± 4,7	77,4 ± 3,5
паличкоядерні	%	-	44,2 ± 6,10	35,9 ± 2,8
сегментноядерні		-	28,2 ± 2,10	42,3 ± 4,4
Лімфоцити	%	4-37	20,20 ± 3,40	10,8 ± 0,8
Еозинофіли	%	0-3	0,8 ± 0,08	0,7 ± 0,06
Моноцити	%	0-6	6,5 ± 1,02	4,2 ± 0,4
Базофіли	%	0-2	0,1 ± 0,08	0,1 ± 0,02

Отримані результати дослідження крові є співставні з гематологічними показниками в оленів отриманими іншими дослідниками. Так, Gross et al (1988) стверджує, що у тварин, які піддавались відлову фізичним способом, на відміну від оленів, яких іммобілізували ксилазином, в крові зафіксовано вищі кількості еритроцитів, лейкоцитів, тромбоцитів і вміст гемоглобіну [3].

Наявні суттєві відмінності між гематологічними показниками в оленів за різних методів відлову (фізичний і хімічний) проявляються, очевидно, через те, що селезінка в період стресового чинника (за фізичного відлову), скорочується і вивільняє в цей період значну кількість катехоламінів, що може сприяти зростанню числа червоних кров'яних тілець в крові навіть до 40%. Останні, крім цього, можуть викликати транзиторний лейкоцитоз з підвищеним вмістом нейтрофілів, моноцитів і лімфоцитів [8].

Висновки. Встановлено, що на тлі технологічного стресу (забір крові в тварин після прогону їх через систему лабіринтів) у крові оленів зростає, кількість еритроцитів та вміст гемоглобіну на 5,6 і 4,4% відповідно, у порівнянні з аналогічними показниками у тварин іммобілізованих медикаментозним способом.

Бібліографія

1. Arnemo, J., Ranheim, B., Haga, H., & Soli, N. (2012). Sedation, immobilization and anaesthesia of mammals and birds [in Norwegian] – In Felleskatalog 2002-03 over preparater i veterinærmedisinen Felleskatalogen A.S., Oslo, Norwaj. 34e–57e.
2. Caulkett, N., & Arnemo, J.M. (2014). Cervids (Deer). In: West, G., Heard, D., Caulkett, N. (Eds.) *Zoo Animal and Wildlife Immobilization and Anesthesia*. Iowa: Willey-Blackwell, p. 823–829. <https://doi.org/10.1002/9781118792919.ch59>.
3. Cross, J.P., Mackintosh, C.G., & Griffin, J.F. (1988). Effect of physical restraint and xylazine sedation on haematological values in red deer (*Cervus elaphus*). *Research in veterinary science*, 45(3), 281–286.
4. Gupta, A. R., Patra, R. C., Saini, M., & Swarup, D. (2007). Haematology and serum biochemistry of chital (*Axis axis*) and barking deer (*Muntiacus muntjak*) reared in semi-captivity. *Veterinary research communications*, 31(7), 801–808. <https://doi.org/10.1007/s11259-006-0095-8>.

5. Лико. Д.В., Пепко. В.О., & Жигалюк. С.В. (2015) Вольєрне розведення диких копитних тварин, як перспективний напрямок тваринництва (на прикладі представників родини Оленячі (Cervidae). В: *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем АПК: Матеріали Всеукр. науков.-практ. конференції молодих вчених, м. Житомир, 25 червня 2015 р., Житомир: Вид-во МДУ ім. І. Франка. – С. 56-58.*
6. Pareja-Carrera, J., Rodríguez-Estival, J., Martínez-Haro, M., Ortiz, J. A., & Mateo, R. (2018). Age-dependent changes in essential elements and oxidative stress biomarkers in blood of red deer and vulnerability to nutritional deficiencies. *The Science of the total environment*, 626, 340–348. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.072>.
7. Poljičak-Milas, N., Marenjak, T.S., Slavica, A., Janicki, Z., Filipović, N., & Sruck, V. (2009). Comparative hematological and biochemical values in pregnant and non-pregnant red, *Cervus elaphus*, and fallow deer, *Dama dama*, females. *Folia Zoologica*, 58, 36-44.
8. Barić Rafaj, R., Tončić, I., Vicković, I., & Šošarić, B. (2011). Haematological and biochemical values of farmed red deer (*Cervus elaphus*). *Veterinarski Arhiv*, 81, 513-523.
9. Topal, A., Gul, N.Y., & Yanik, K. (2010). Effect of capture method on hematological and serum biochemical values of red deer (*Cervus elaphus*) in Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9, 1227-1231. <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.1227.1231>.
10. Вудмаска, І.В., Петрук, А.П., & Колісник, Б.І. (2016). Екологія живлення оленів. *Збірник науково-технічних праць. Науковий вісник НАТУ*, 26(1), 54-62. <https://doi.org/10.15421/40260107>.

**Віталія Діденко¹, Дмитро Постоєнко¹, Ігор Костіков^{1,2}, Віталій Недосєков³,
Володимир Постоєнко¹**

**МОЛЕКУЛЯРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕДОНОСНИХ БДЖІЛ: СТАН
ВИВЧЕНОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ В УКРАЇНІ**

¹Національний науковий центр «Інститут бджільництва імені П.І. Прокоповича»,
Київ, Україна;

²Державний науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України,
м. Київ, Україна;

³Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна

E-mail: vitaliidadidenko14@gmail.com; dmytroiap@gmail.com; avvern25@i.ua;
vpostonko@ukr.net; nedosekov06@gmail.com

Ключові слова: бджільництво, бджола медоносна, біорізноманіття, запилювач

Вступ. Бджільництво в Україні є однією з важливих галузей економіки, яка забезпечує певну частку надходжень до держбюджету. Через воєнні дії Україна зазнає катастрофічних втрат людських і матеріальних ресурсів, руйнувань виробничої бази, скорочення посівних площ, зменшення придатних сільськогосподарських угідь, тощо. Окупація України призвела до того, що спочатку 10 %, а потім і 20 % її території випали з поля зору науковців, через що популяції росли і тварин та екосистеми були позбавлені моніторингу й охорони [1]. Очевидно, що одними з ключових досліджень у майбутньому стануть оцінки змін біоти: збереження аборигенних популяцій, фрагментація ареалів, аналізу

динаміки популяції інвазійних видів, а також аналізу рівня порушень екосистем та угруповань та заходи із відновлення природних станів [1].

Багато видів бджіл, як диких, так і медоносних, є важливою групою запилювачів дикорослих рослин і сільськогосподарських культур. Через важливість диких бджіл як запилювачів, існує гостра потреба в збереженні їх популяцій [2]. Вони вважаються головними для збереження рослинного біорізноманіття. Все більшою популярності набуває концепція «Здорові екосистеми для природи та людини» [2]. Адже фіто-, зоо- біорізноманіття є запорукою сталого розвитку людства і гарантією задоволення його потреб. Європейським Союзом внесено ряд законодавчих змін, що стосуються охорони навколишнього природного середовища, де на перше місце поставлені питання збереження бджіл – запилювачів рослин. Така підвищена увага до цієї групи комах викликана загрозливими оціночними даними, отриманими під час підготовки першого європейського Червоного списку бджіл [2], в якому було показано, що кожному десятому виду диких бджіл в Європі загрожує зникнення. Не менш важливим є і популяції медоносних бджіл, які є запилювачами сільськогосподарських рослин.

Матеріал і методи. У ході виконання роботи для уточнення поширення підвидів медоносної бджоли в Україні використовували ретроспективний аналіз, моніторингові спостереження, молекулярно-генетичний аналіз та пілотні польові експерименти.

Результати та обговорення. Дослідження бджіл у межах території сучасної України було розпочато ще у позаминулому столітті [3]. На сьогодні в Україні виявлено 858 видів, що належать до 6 родин і 58 родів, зокрема до родини Apidae належить рід *Apis* з одним видом *Apis mellifera* L. [4]. За літературними даними, вид *A. mellifera* наразі нараховує 28-35 таксономічно валідних підвидів, які представлені численними локальними популяціями, географічними расами та селекційними породами [5, 6]. На Україні достеменно відомо 3 підвиди: *A. mellifera sossimai*, *A. mellifera carpatica*, *A. mellifera mellifera*. Один з них – *A. mellifera sossimai* (= *A. mellifera cerifera*) вважається критичним та спірним в таксономічному відношенні. Наразі прийнято вважати, що питання таксономії критичних груп не можуть бути вирішені без застосування методів молекулярно-генетичного аналізу. Пріоритет в цій галузі віддається аналізу мітохондріальної ДНК. В Україні не достатньо здійснено таких досліджень. Зокрема, застосовувався аналіз поліморфних сайтів маркерних генів *Col*, *CoII* та інтергеномного спейсеру *IGS Col-CoII*, що є популярними сучасними молекулярно-генетичними ідентифікаторами підвидів та екотипів *A. mellifera*. Наприклад, для прояснення походження карпатської бджоли та розроблення молекулярних методів її ідентифікації українськими дослідниками було здійснено розшифрування та порівняння первинної нуклеотидної послідовності ділянки *Col-CoII* мітохондріального геному карпатської бджоли та представників кількох інших підвидів *A. mellifera*. [7]. При дослідженні послідовностей *Col*

ділянки мтДНК авторами виявлені специфічні мутації, які дозволяють розрізняти українські аборигенні породи медоносних бджіл [8]. При аналізі іншої нуклеотидної послідовності *CoII* ділянки мтДНК авторами показано, що виявлені у цьому гені специфічні мутації також дозволяють розрізняти українські аборигенні породи *A. mellifera* [9].

Щодо молекулярно-генетичних досліджень ядерної ДНК, найбільш популярним універсальним маркером для типування, ідентифікації та типіфікації у таксономії різних груп еукаріот є внутрішні спейсери що транскрибуються кластеру ядерних рибосомальних генів (ITS1, ITS2) та послідовність 5S рДНК. Серед робіт українських вчених є дослідження, що стосується аналізу поліморфізму 5S рДНК двох селекційних рас карпатських бджіл. Отримані результати свідчать про високий внутрішньо- та міжгеномний поліморфізм досліджуваної послідовності[10].

Сучасні світові молекулярно-генетичні дослідження базуються на повногеномному сіквенуванні мітохондріальної та ядерної ДНК. Проте, повногеномний аналіз (наприклад, на платформах NGS) для типіфікації та ідентифікації (як таксономічної, так і індивідуальної) медоносних бджіл в Україні наразі не застосовується, що може виявитись перспективним в майбутньому.

Висновки. Таким чином, молекулярно-генетичні дослідження автохтонних українських медоносних бджіл є частковими, не закінченими та потребують подальшого розвитку.

Бібліографія

1. Загороднюк, І.В. (2024). Природничі теренові дослідження воєнного часу в Україні: зміни пріоритетів. *Вісник національної академії наук України*, 4, 58–68. <https://doi.org/10.15407/vism2024.04.058>.
2. Michez, M., Radchenko, V., Macadam, C., Wilkins, V., Raser, J., & Axel Hochkirch, A. (2023). *Teasel-plant specialised bees in Europe - Conservation action plan 2023-2030*. Publication prepared for the European Commission within the framework of the contract No 07.0202/2020/839411/SER/ENV.0.2.
3. Радченко, В.Г., Філатов, М.О., & Сергеева, І.В. (2023). Загальний огляд бджіл (Hymenoptera, Apoidea) фауни України. *Українська ентомофауністика*, 14(2), 65–66. <https://zenodo.org/records/8304623>.
4. Ghisbain, G., Rosa, P., Bogusch, P., Laminio, S.F., Divelec, R.L.E., Dorchin, A., Kasperek, M., Kuhlmann, M., Litman, J., Mignot, M., Müller, A., Praz, C., Radchenko, V.G., Asmont, P.R., Isch, S.R., Roberts, S.P.M., Mit, J.A.S., Wood, T.J., Michez, D., & Everté, S.R. (2023). The new annotated checklist of the wild bees of Europe (Hymenoptera: Anthophila). *Zootaxa*, 5327(1), 1–147. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5327.1.1>.
5. Ruttner, F. (1988). *Biogeography and taxonomy of honey bees*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 288 p.
6. Engel, M.S. (1999). The taxonomy of recent and fossil honey bees (Hymenoptera: Apidae; Apis). *Journal of Hymenoptera Research*, 8(2), 165–196. <http://hdl.handle.net/1808/16476>.
7. Череватов, О.В., Панчук, І.І., Керек, С.С., Волков, Р.А. (2019). Молекулярне різноманіття спейсерної ділянки *CoI-CoII* мітохондріального геному та походження Карпатської бджоли. *Цитологія і генетика*, 53(4), 13–19. <https://doi.org/10.3103/S0095452719040030>.

8. Череватов, О.В., Мельник, Є.О., Волков, Р.А. (2020). Поліморфізм гена *CoI* у медоносних бджіл з різних регіонів України. *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*, 18(1–2), 22–28. <https://doi.org/10.7124/visnyk.utgis.18.1-2.1351>.
9. Череватов, О.В., Рошка, Н.М. (2020). Поліморфізм Ділянки *CoII* медоносних бджіл західних регіонів України. *Біологічні системи*, 12(2), 174–179. <https://doi.org/10.31861/biosystems2020.02.174>.
10. Рошка, Н.М., Череватов, О.В., Волков, Р.А. (2021). Молекулярна організація та поліморфізм 5S рДНК карпатської бджоли. *Цитологія і генетика*, 55(5), 3–12. <https://doi.org/10.3103/S0095452721050108>.

Оксана Дроздова

ВПЛИВ РІЗНИХ ПІДХОДІВ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ГОДІВЛІ РЕМОНТНИХ ТЕЛИЦЬ НА ЇХ ПАРАМЕТРИ ЕКСТЕР'ЄРУ

Інститут тваринництва НААН, вул. Тваринників 1-А, м. Харків, 61026, Україна

E-mail: dduserg19@gmail.com

Ключові слова: ремонтні телиці, жива маса, екстер'єр, проміри, середньодобові прирости

Вступ. Збільшення виробництва молока є ключовою, але водночас складною проблемою аграрної науки та практики. Її вирішення здійснимо лише на засадах гарантованого прояву генетично сформованого потенціалу продуктивності телиць й передбачає собою систему зоотехнічних прийомів, що реалізуються задля удосконалення новостворених порід. У цьому контексті спрямоване вирощування ремонтних телиць за цієї системи зумовлюватиме формування тварин із бажаними продуктивними якостями на фоні оптимізації їх годівлі, комфортності утримання та догляду в окремі вікові періоди, для кожного з яких властиві незалежні елементи технології, що мають ґрунтуватися на біологічних закономірностях розвитку організму, особливо в умовах глобальних змін клімату. Останнім часом використання альтернативних кормових культур набуло широкого поширення в кормовиробництві. До них можна віднести і силос із сорго, якнайбільш, порівняно з кукурудзою, посухостійкою культурою. Водночас, за останнє десятиліття з'являється все більше даних літератури, які змушують переглянути традиційні погляди на організацію технології годівлі великої рогатої худоби цим видом корму, і перш за все, ремонтних телиць, для яких не повною мірою обґрунтовані рівні та вікові періоди введення його до складу раціонів, способи згодовування тощо, що й зумовлює актуальність проведених досліджень.

Матеріали та методи. Дослідження проводили в умовах ДП ДГ ІТ НААН «Гонтарівка» Чугуївського р-ну Харківської області. Лабораторні дослідження силосів та решти кормів, які входили до складу раціонів піддослідних тварин, виконували на дослідній базі Випробувального центру Інституту тваринництва НААН, акредитованого національним агентством з акредитації України, відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025: 2006, згідно з вимогами ДСТУ та

загальноприйнятими у зоотехнії методиками. Енергетичну поживність кормів розраховували згідно з діючими стандартами та методиками [1].

Для проведення науково-господарського дослідження із загального поголів'я тварин виокремили три групи ремонтних телиць української молочної чорно-рябої породи 9-місячного віку, живою масою 230 кг, по 9 голів у кожній. За формування піддослідних груп використали різні підходи до організації технології їх годівлі, а саме телиці першої (контрольної) групи одержували раціон, до складу якого входив кукурудзяний силос. У раціонах тварин другої та третьої (дослідних) груп, відповідно, 50 % та 100 % цього силосу заміняли силосом, виготовленим із зеленої маси сумісних посівів кукурудзи та сорго. Утримання тварин – прив'язне, годівля тварин – двічі на добу, доступ тварин до води – вільний. Аналогів добирали за віком, статтю, породою, фізіологічним станом та індивідуальною живою масою.

Зміни живої маси телиць визначали на 30, 60, 90, 120 і 150 доби дослідження по кожній тварині та в середньому по групі [2]. Екстер'єр ремонтних телиць оцінювали за такими промірами тіла: висота в холці, обхват грудей, ширина і глибина грудей за лопатками, коса довжина тулуба, ширина в маклоках, обхват п'ястка) та індексами тіла (довгоногості, розтягнутості, грудним, збитості, тазогрудним, костистості). Корегування раціонів здійснювали після кожного зважування тварин. Раціони балансували відповідно до деталізованих норм годівлі [3, 4]. Статистичне опрацювання отриманого цифрового матеріалу проводили методом варіаційної статистики, враховуючи критерій Стюдента.

Результати і обговорення. У рамках проведених досліджень, як фон реалізації основної мети роботи, провели визначення хімічного складу, поживної цінності, вмісту та співвідношення органічних кислот у силосах.

Встановлено, що силос, заготовлений із зеленої маси кукурудзи та сорго, містив у перерахунку на абсолютно суху речовину менше на 2,78% сирого протеїну, 0,14% – жиру та більше – на 3,31% сирогої клітковини, що підтверджується даними, отриманими закордонними дослідниками [6, 7], які заготовили кукурудзяно-сорговий силос, який містив у перерахунку на абсолютно суху речовину менше на 1,4% сирого протеїну, 1,44% – жиру та більше – на 7,07% сирогої клітковини.

Відмінності у хімічному складі спричинили зниження поживної цінності силосу, виготовленому із зеленої маси сумісних посівів кукурудзи та сорго з 10,76 МДж до 10,15 МДж в 1 кг сухої речовини.

Щодо організації технології годівлі піддослідних тварин, то в середньому за період дослідження раціон тварин контрольної групи містив 6,4 кг силосу кукурудзяного; 2,4 кг – сінажу віко-вівсяного; 1,4 – віко-вівсяного і 1,02 кг – люцернового сіна; 1,7 кг – комбікорму. У раціонах тварин дослідних груп було замінено, відповідно, 50 % і 100 % кукурудзяного силосу на 2,9 кг і 5,8 кг силосу, виготовленого із сумісних посівів кукурудзи та сорго. У цілому спостерігалось

збільшення питомої частки силосу у загальній енергетичній цінності раціону тварин з 22,5 % на початку досліду до 38 % в останні 2 місяці.

Використання у технології годівлі ремонтних телиць кукурудзяно-соргового силосу, сприяло незначному зниженню вмісту сирого протеїну в раціоні, але при цьому його величини відповідали деталізованим нормам годівлі. Вміст сирої клітковини з розрахунку на 1 кг сухої речовини раціонів був майже однаковим.

За вмістом решти основних поживних речовин, що містилися в раціонах контрольної і дослідних груп у період досліду доведено, що він цілком задовольняв їх добову потребу, оскільки надходження з поживними речовинами кормів відповідало рекомендованим нормам.

Різні підходи до організації технології годівлі забезпечили незначні відмінності за величинами живої маси ремонтних телиць і абсолютного її приросту. Аналіз динаміки живої маси ремонтних телиць вказує на відсутність значної і вірогідної різниці за цим показником між групами піддослідних тварин. При тому що за період досліду абсолютний приріст тварин контрольної та дослідних груп становив у I групі $123,7 \pm 2,84$, II – $123,2 \pm 2,12$ та III – $125,4 \pm 4,79$ кг групах. Вірогідної різниці між групами за цим показником також не встановлено.

Аналіз даних середньодобових приростів живої маси вказує на те, що зміна умов годівлі тварин мала вплив на величину середньодобових приростів тварин у дослідних групах. Саме у раціонах тварин II і III груп вона обумовила зниження інтенсивності росту лише в перший місяць досліду, відповідно, на 6,5 і 12,6%. У наступні два місяці досліду різниці у середньодобових приростах живої маси ремонтних телиць контрольної та дослідної груп не спостерігалось.

Проте на четвертий місяць досліджень, заміна силосу в складі раціонів телиць дослідних груп сприяла збільшенню їх середньодобових приростів, порівняно з контрольною групою на 3,0 і 11,2%. На п'ятому місяці досліду, спостерігається деяке зниження середньодобових приростів тварин в усіх групах. Але при цьому слід зазначити, що заміна силосу в складі раціонів телиць дослідних груп забезпечила ще більше збільшення їх середньодобових приростів, порівняно з контрольною групою на 8,2 і 13,8% ($p \leq 0,05$).

Отримані нами дані узгоджуються з результатами зарубіжних вчених, які у своїх дослідженнях за рахунок часткової заміни кукурудзяного силосу на сорговий у раціонах телиць на відгодівлі, отримали збільшення приростів їх живої маси на 5,6% [5]. Для встановлення особливостей росту та розвитку ремонтних телиць, разом з показниками зміни живої маси тварин, також визначали динаміку показників їх лінійного росту за використання різних підходів до організації технології годівлі.

За результатами проведених досліджень було встановлено, що використання різних підходів до організації технології годівлі ремонтних телиць мало вплив не лише на інтенсивність росту та зміни живої маси упродовж

досліджу, але й на формування їх екстер'єрно-конституціональних особливостей. Зокрема, призвела до деякої затримки росту усіх промірів теличок дослідних груп в перші місяці досліджу. Проте слід зазначити, що ця різниця була не суттєвою. У наступні місяці досліджу телиці дослідних груп мали дещо кращі результати, порівняно з тваринами контрольної групи, що свідчить о компенсації організмом тимчасової затримки в рості та розвитку. Ця компенсація обумовлена адаптацією тварин до споживання ними кукурудзяно-соргового силосу. Внаслідок цього, наприкінці досліджень не було встановлено суттєвої різниці в особливостях тілобудови за даними лінійних промірів між тваринами контрольної і дослідних груп.

За оцінкою розрахованих індексів будови тіла ремонтних телиць різних груп спостерігалися деякі відмінності за окремими з них, та подібність за іншими. Слід відзначити, що в кінці досліджу різниця між групами тварин за більшістю індексів була незначною, за виключенням індексів розтягнутості та грудного індексу, за якими було встановлено тенденцію до вірогідності ($p \leq 0,1$) на користь ремонтних телиць третьої групи. Також відмічено стабільне зростання з віком індексів розтягнутості (на 4,1 – 5,0%) та костистості (на 0,8 – 0,9%). З віком у піддослідних телиць стабільно знижувались індекси довгоногості (на 3,3 – 3,6%), збитості (на 0,4 – 0,7%) та тазо-грудний (на 3,7 – 4,7%).

Отже, враховуючи той факт, що навіть за несприятливих погодних умов використання сумісних посівів кукурудзи та сорго дозволило підвищити, порівняно з кукурудзою, врожайність зеленої маси на 65 %, збір сухої речовини – 42%, ДОЕ – 37%, сирого протеїну – 35%, то з метою сталого забезпечення кормами галузі тваринництва в умовах зміни клімату, а також збільшення виробництва кормів з одиниці земельної площі за зменшення їх собівартості, доцільне використання в технології вирощування ремонтних телиць силосу виготовленого з зеленої маси сумісних посівів кукурудзи та сорго.

Висновки.

1. Доведено доцільність використання в технології вирощування ремонтних телиць силосу, виготовленого із зеленої маси сумісних посівів кукурудзи та сорго.

2. Встановлено вплив різних підходів до організації технології годівлі на закономірності змін динаміки середньодобових приростів живої маси ремонтних телиць української чорно-рябої молочної породи, які супроводжувалися збільшенням на 8,2% і 13,8% ($p \leq 0,05$) інтенсивності росту наприкінці досліджу, порівняно з контрольною групою.

3. Часткова (на 50 %) та повна заміна в раціонах ремонтних телиць призвела до незначної затримки росту усіх промірів теличок дослідних груп в перші місяці досліджу. Проте у наступні місяці досліджу мала місце компенсація організмом їх росту та розвитку.

Бібліографія

1. ДСТУ ISO 8066:2015. *Корми для сільськогосподарських тварин. Методи визначення*

- енергоємності і поживності: Видання офіційне. Київ, 2015. 15 с.
2. *Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві*: посібник / за ред. І. І. Ібатуліна, О. М. Жукорського. Київ, 2017. 328 с.
 3. *Норми і раціони повноцінної годівлі високопродуктивної великої рогатої худоби*: довід.-посіб. / за ред. Г. О. Богданова, В. М. Кандиби. Київ, 2012. 296 с.
 4. *Теорія і практика нормованої годівлі великої рогатої худоби* / за ред. В.М. Кандиби, І.І. Ібатуліна, В. І. Костенка. Житомир: Рута, 2012. 860 с.
 5. Fazaeli, H., Golmohammadi, H.A., Al-Moddarres, A., Mosharraf, S., & Shoaie, A.A. (2006). Comparing the Performance of Sorghum Silage with Maize Silage in Feedlot Calves. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(13), 2450-2455. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2006.2450.2455>.
 6. Oliver, A. L., Grant, R. J., Pedersen, J. F., & O'Rear, J. (2004). Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 87(3), 637–644. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73206-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73206-3).
 7. Podkówka, Z., & Podkówka, L. (2011) Chemical composition and quality of sweet sorghum and maize silages. *Journal of Central European Agriculture*, 12(2), 294–303. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/12.2.915>.

Тетяна Єлецька

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗАХИЩЕНИХ ПРОТЕЇНУ ТА КРОХМАЛЮ В ГОДІВЛІ МОЛОЧНИХ КОРІВ

Інститут тваринництва Національної академії аграрних наук України,

вул. Тваринників 1А, м. Харків, Україна

E-mail: it_phys@ukr.net

Ключові слова: травлення, велика рогата худоба, захищеність протеїну

Вступ. Підвищення продуктивності жуйних тварин, зокрема корів в період лактації, потребує набагато більші об'єми енергії та протеїну, ніж здатен забезпечити механізм рубцевої симбіотичної мікрофлори [2, 3]. Збільшення постачання здійснюється головним чином за рахунок крохмалю та білку зернового компоненту у складі комбікормів, що має оборотний негативний спадок. Зброджування крохмалю в рубці призводить до підвищення кислотності середовища, що суттєво пригнічує діяльність целюлозолітичної мікрофлори, також відбувається знецінення білку [3]. Створення комплексних продуктів із захищеними від руйнування в рубці білку та крохмалю дозволить підвищувати рівень засвоювання білку в періоди найбільшої потреби організму корів, що лактують, без негативних наслідків в плані порушень обміну речовин і інтоксикації продуктами обміну [5]. Тому метою досліджень була оцінка використання захищеного білку та крохмалю в годівлі молочних корів.

Матеріали та методи. Дослідження проводились на прооперованих теличках з рубцевими фістулами живою масою 350 кг в умовах фізіологічного корпусу ІТ НААН. Перетравність поживних речовин концентратної суміші основного раціону, байпас енергетику та концентратної суміші основного раціону з байпас- енергетиком в рубці корів встановлювали методом інкубації зразків в мішечках в рубцевому середовищі методом *in situ* [4]. Втрата певних

груп поживних речовин з мішечків під час інкубації моделює природне перетравлення в рубці.

Результати і обговорення. З метою встановлення впливу спеціальної обробки білково – енергетичної добавки на її здібність протистояти перетравленню в рубці великої рогатої худоби методом *in situ* визначали перетравність поживних речовин самої добавки та її складових до спеціальної обробки. З представлених даних (табл. 1) видно, що в результаті обробки сої та кукурудзи перетравність зменшувалася в декілька разів.

Таблиця 1. Перетравність сухої речовини кормів та комплексних добавок за методом *in situ*, %

Корми та добавки	М	м
Соя	11,83	0,652
Кукурудза	19,44	1,066
Соняшниковий шрот	14,77	2,534
Соева макуха	5,55	2,168
ТЕП 1	3,95	0,742
ТЕП 2	3,79	0,448
ТЕПсм	6,65	2,243
ТЕПсш	12,31	3,069

Примітка. ТЕП 1, ТЕП 2 – транзитний енерго – протеїн (білково-енергетична добавки з соєю та соняшником, відповідно); ТЕПсм – соя замінена соєвою макухою; ТЕПсш – соняшник замінено соняшниковим шротом.

Захищеність сирого протеїну(СП) та безазотистих екстрактивних речовин (БЕР) розраховували, виходячи з перетравності сухої речовини у рубці, та вмісту цих поживних речовин в готових продуктах (табл. 2).

Таблиця 2. Захищеність сирого протеїну та безазотистих екстрактивних речовин у складі добавок, %

Добавки	СП	БЕР
ТЕП 1	71,03	77,21
ТЕП 2	70,42	79,45
ТЕПсм	22,31	54,93
ТЕПсш	25,67	30,71

Використання продуктів переробки сої та соняшнику у виробництві захищених добавок суттєво зменшувало захищеність кінцевого продукту. Шрот соняшниковий практично не піддавався захисту, а захищеність соєвої макухи в результаті її виготовлення була на достатньо високому рівні, тому додаткова обробка майже не впливала на її захищеність. Тому для ефективного впливу на процеси травлення в рубці молочних корів захищеності протеїну та крохмалю в

складі раціону рекомендовано використовувати добавки, виготовлені на основі сої та кукурудзи різних партій (ТЕП 1 і ТЕП 2).

Висновки. Введення в раціон корів байпас- енергетиків ТЕП 1 та ТЕП 2 зробило позитивний вплив на процеси травлення протеїну та крохмалю в рубці. В результаті обробки сої та кукурудзи перетравність сухої речовини кормів в рубці зменшувалася в середньому на 75%. Захищеність сирого протеїну при цьому складала для ТЕП 1 і ТЕП 2 – від 71,03% до 71,40% та безазотистих екстрактивних речовин – від 77,21% до 79,45%, відповідно.

Бібліографія

1. Ipharraguerre, I. R., Clark, J. H., & Freeman, D. E. (2005). Rumen fermentation and intestinal supply of nutrients in dairy cows fed rumen-protected soy products. *Journal of dairy science*, 88(8), 2879–2892. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72969-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72969-6).
2. Ferguson J.D. (2001). Milk Urea Nitrogen. *Center for Animal Health and Productivity*, University of Pennsylvania, Available at: (<http://cahpwww.vet.upenn.edu/mun/mun.html>).
3. Theodoridou, K., & Yu, P. (2013). Metabolic characteristics of the proteins in yellow-seeded and brown-seeded canola meal and presscake in dairy cattle: comparison of three systems (PDI, DVE, and NRC) in nutrient supply and feed milk value (FMV). *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(11), 2820–2830. <https://doi.org/10.1021/jf305171z>
4. Kharitonov, E.L., & Kalnitsky, B.D. (2005). Optimization of a feed of cows in the beginning of the lactation wish count of quantity and the ratio of end products of digestion of the forage. *Journal of animal science*, 5, 32–38.
5. Yeletska, T.A., Vasylevsky, N.V., Berestova, L.E., Minenko, G.V., & Abdulaeva, M.S. (2016). The effect of the bypass product on digestion processes in cattle. *The Animal Biology*, 18(3), 23–29. <http://dx.doi.org/10.15407/animbiol18.03.023>.

**Лариса Кладницька, Владислав Величко, Оксана Касьян, Дарина Філатова,
Олександр Бородавко**

ФУНКЦІОНАЛЬНА НЕДОСТАТНІСТЬ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ В СОБАК

*Факультет ветеринарної медицини, Національний Університет Біоресурсів і
Природокористування України, Київ, Україна*

*E-mail: kladlarisa@ukr.net, v.velycho@nubip.edu.ua, okasan598@gmail.com,
darina.d.filatova@gmail.com, mega2005ashik@gmail.com*

Ключові слова: гіпотиреоз у собак, діагностика гіпотиреозу у собак, симптоми недостатності щитоподібної залози, лікування гіпотиреозу

Вступ. Гіпотиреоз — ендокринопатія у собак, що виникає внаслідок дефіциту гормонів щитовидної залози, а саме трийодтироніну (Т3) і тироксину (Т4) . Більшість випадків припадає на первинний набутий гіпотиреоз внаслідок необоротної деструкції щитовидної залози [1, 2]. Гістопатологічно у більшості собак виявляють дві форми первинного гіпотиреозу: лімфоцитарний тиреоїдит і незапальну ідіопатичну фолікулярну атрофію. Більшість оцінок вказують на співвідношення 1:1 цих двох діагнозів як причину клінічного гіпотиреозу у собак [3].

За даними [4,] хворіють собаки усіх порід, але добермани, шнауцери, ірландські сетери, шотландські вівчарки та такси мають підвищений ризик розвитку гіпотиреозу, а біглі, борзі, лабрадори, золотисті ретривери, акіти, бордер колі мають спадковий лімфоцитарний тиреоїдит.

Результати УЗД у собак з гіпотиреозом варіабельні: частки щитовидної залози від округлої до овальної форми в поперечній площині зображення, гіпоехогенність паренхіми щитовидної залози порівняно з навколишньою мускулатурою і зменшення розміру та об'єму часток щитовидної залози та загального об'єму щитовидної залози порівняно з нормою [5, 6]. Інші зміни в собак з гіпотиреозом включали нерівну поверхню капсули щитовидної залози, неоднорідний рисунок паренхіми щитовидної залози та відмінності в ехогенному рисунку між лівою та правою частками щитовидної залози. Результати свідчать про те, що визначення розміру та об'єму щитовидної залози за допомогою ультразвуку може бути корисним допоміжним тестом для диференціації гіпотиреозу собак [7-8].

Вивчення гіпотиреозу є актуальною і поширеною на території України проблемою серед популяції собак, але головною складністю залишається правильне діагностування, диференціація від інших ендокринопатій.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проведені на собаках на базі клініки ветеринарної медицини «WSW clinic», м. Києва, Україна.

Проводили збір анамнезу, клінічний огляд та обстеження. Досліджували морфологічні, біохімічні показники крові, вміст гормонів аденогіпофіза – тиреотропного та щитоподібної залози – тироксину та трийодтироніну за загальновизнаними методиками. Проводили ультразвукове дослідження щитоподібної залози, досліджували зіскрібки шкіри на різних ділянках тіла тварин – нижня та верхня щелепи, попереку, черевна стінка, кінцівки та спина і виконували бактеріальні посіви.

Результати досліджень. Загальними клінічними ознаками в тварин з гіпотиреозом були – надмірна вага (такса – 13,7 кг, померанський шпіц – 6,5 кг), ожиріння, зменшення м'язової маси, пригнічення, млявість, брадикардія – 61 ± 5 ударів на хвилину, температура тіла була на нижній межі фізіологічної норми – $37,5 \pm 0,7$.

При дослідженні шкіри та шерстного покриву найбільш частими були себорея, алопеції, гіперпігментація шкіри, мікседема. Ці симптоми розвивалися поступово. Зуд шкіри виникав у разі ускладнень, таких як маласезійне або бактеріальне ураження.

Морфологічне дослідження крові показало незначну анемію – кількість еритроцитів $4,5 \pm 0,5$ Т/л ($P < 0,05$), зниження кількості гемоглобіну – 109 ± 12 г/л. При підрахунку лейкоцитарної формули виявили лімфопенію – $10 \pm 1\%$.

Біохімічне дослідження крові показало відхилення печінкових констант від норми. Зокрема, був незначно перевищений рівень трансаміназ: вміст

аспартатамінотрансферази в сироватці крові становив 65 ± 5 г/л, аланінамінотрансферази – 145 ± 3 г/л що свідчить про ураження клітин печінки.

При дослідженні крові було виявлено гіперпродукцію тиреотропного гормону аденогіпофіза – $0,12 \pm 0,05$ мкОд/мл ($P < 0,05$), за норми 0,01-0,1 мкОд/мл та недостатність гормонів щитовидної залози: трийодтиронін вільний (Т3) – $2,01 \pm 0,9$ пг/мл ($P < 0,05$), за норми 2,5-8,0 пг/мл; тироксин вільний (Т4) – $9,75 \pm 1,2$ пг/мл ($P < 0,05$), за норми 11,5-17,5 пг/мл.

За результатами ультразвукової діагностики щитоподібна залоза складається з двох веретеноподібних часток однорідної або неоднорідної структури, ехогенність знижена ($P < 0,05$), паренхіма менш ехогенна за адвентицію, що її оточує, контури капсули нерівні. Розміри залози були на нижній межі фізіологічної норми $2,3 \times 0,4$ см. Паращитоподібні залози на полюсах не візуалізувалися. У деяких собак реєстрували зменшення розмірів щитоподібної залози до $1,9 \times 0,3$ см, структура була неоднорідна.

Висновок. Функціональна недостатність щитоподібної залози характеризується загальними симптомами: надмірна вага, ожиріння, зменшення м'язової маси, пригнічення, млявість, брадикардія, температура тіла на нижній межі фізіологічної норми. Характерними ознаками змін шкіри та її похідних є: себорея, алопеції, гіперпігментація шкіри, мікседема. У разі ускладнень, виникали маласезійне або бактеріальне ураження шкіри. Морфологічне дослідження крові показало незначну анемію, зниження вмісту гемоглобіну. При підрахунку лейкоцитарної формули виявили лімфопенію. Біохімічне дослідження крові показало відхилення печінкових констеляцій від норми, зокрема вміст трансаміназ у сироватці крові: аспартатамінотрансферази аланінамінотрансферази, що свідчить про ураження клітин печінки. При дослідженні крові було виявлено гіперпродукцію тиреотропного гормону аденогіпофіза – $0,12 \pm 0,05$ мкОд/мл та недостатність гормонів щитовидної залози: трийодтиронін вільний (Т3) – $2,01 \pm 0,9$ пг/мл; тироксин вільний (Т4) – $9,75 \pm 1,2$ пг/мл. Результати ультразвукової діагностики щитоподібної залози підтвердили зменшення розмірів залози, неоднорідність структури, нерівні краї капсули.

Бібліографія

1. Graham, P.A., Refsal, K.R., & Nachreiner, R.F. (2007). Etiopathologic findings of canine hypothyroidism. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*, 37(4), 617–v. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2007.05.002>.
2. Mooney C.T. (2011). Canine hypothyroidism: a review of aetiology and diagnosis. *New Zealand veterinary journal*, 59(3), 105–114. <https://doi.org/10.1080/00480169.2011.563729>.
3. Ferguson D.C. (2007). Testing for hypothyroidism in dogs. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*, 37(4), 647–v. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2007.05.015>.
4. Dixon, R.M., Reid, S.W., & Mooney, C.T. (2002). Treatment and therapeutic monitoring of canine hypothyroidism. *The Journal of small animal practice*, 43(8), 334–340. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2002.tb00082.x>.

5. Sasaki, N., Nagata, N., Morishita, K., Osuga, T., Sasaoka, K., Yokoyama, N., Ohta, H., & Takiguchi, M. (2020). An area ratio of thyroid gland to common carotid artery for evaluating the thyroid gland size. *The Journal of veterinary medical science*, 82(7), 1012–1016. <https://doi.org/10.1292/jvms.20-0183>.
6. Brömel, C., Pollard, R. E., Kass, P. H., Samii, V. F., Davidson, A. P., & Nelson, R. W. (2006). Comparison of ultrasonographic characteristics of the thyroid gland in healthy small-, medium-, and large-breed dogs. *American journal of veterinary research*, 67(1), 70–77. <https://doi.org/10.2460/ajvr.67.1.70>.
7. Reese, S., Breyer, U., Deeg, C., Kraft, W., & Kaspers, B. (2005). Thyroid sonography as an effective tool to discriminate between euthyroid sick and hypothyroid dogs. *Journal of veterinary internal medicine*, 19(4), 491–498. [https://doi.org/10.1892/0891-6640\(2005\)19\[491:tstaat\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1892/0891-6640(2005)19[491:tstaat]2.0.co;2).
8. Ushakov A. V. (2024). Principles and features of ultrasound hypoechogenicity in diffuse thyroid pathology. *Quantitative imaging in medicine and surgery*, 14(3), 2655–2670. <https://doi.org/10.21037/qims-23-1357>.

Лариса Кладницька, Катерина Міткевич, Вероніка Піскун
ГАСТРОЕЗОФАГАЛЬНИЙ РЕФЛЮКС У СОБАК

*Факультет ветеринарної медицини, Національний Університет Біоресурсів і
Природокористування України, Київ, Україна*

E-mail: kladlarisa@ukr.net, mivnubip48@gmail.com, psknveronika@gmail.com

Ключові слова: рефлюкс, собаки, стравохід, шлунок

Вступ. Рефлюксом називають рух вмісту порожнистих органів в зворотному від природнього напрямку. У нормі кардіальний сфінктер шлунку блокує повернення вмісту зі шлунка в стравохід, і тим самим захищає його від кислотної дії шлункового соку. Через ряд етіологічних факторів відбувається потрапляння вмісту шлунку в стравохід, що несе за собою подразнення його слизової оболонки, кінцевим результатом якого є езофагіт – запалення стравоходу. Це може мати короточасний або довготривалий вплив, у такому випадку розвивається гастроезофагеальна рефлюксна хвороба (ГЕРХ) [5]. Патогенез ГЕРХ включає взаємодію хімічних, механічних, психологічних і неврологічних механізмів, які сприяють появі таких клінічних симптомів як облизування губ з характерним плямканням, втрата ваги, зниження апетиту, пригнічення [1]. Рефлюксат містить переважно кислоту, яка викликає пошкодження тканин стравоходу та позастравохідних ділянок [2]. Кислотний рефлюкс може виникати в собак різних порід у будь-якому віці. Проте собаки-брахіцефали, частіше стикаються з цим захворюванням. Собаки з надмірною вагою також більш схильні до розвитку проблем з кислотним рефлюксом [3].

Також причиною рефлюксу може стати грижа стравохідного отвору діафрагми. Ця вроджена патологія призводить до того, що частина шлунка випинається через діафрагму в грудну порожнину. Як наслідок, шлунковий вміст рухається назад через стравохідний сфінктер [4].

Відомі наукові дані про те, що собаки з гастроезофагальним рефлюксом схильні до розвитку аспіраційної пневмонії. Ця легенева інфекція виникає, коли собака фрагменти блювотних мас потрапляють в дихальні шляхи [6].

Отже, актуальним і важливим є питання ранньої діагностики гастроезофагеальної рефлюксної хвороби в собак, запобігання езофагіту та віддалених ускладнень.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили на собаках, власники яких зверталися в клініку ветеринарної медицини м. Києва «WSW clinic», Ірпінську міську державну лікарню ветеринарної медицини м. Ірпінь (Україна). Проводили збір анамнезу, клінічний огляд, езофагоскопію, ультразвукову діагностику стравоходу і органів черевної порожнини; відбирали зразки крові для загального та біохімічного аналізу крові.

Результати і обговорення. Загальними клінічними ознаками в собак з рефлюксом були: часте облизування, відрижка, блювання, інколи болісні відчуття при пальпації черевної порожнини, пригнічення, втрата ваги, неприємний запах з ротової порожнини. Температура тіла в межах фізіологічної норми. Зазначені симптоми реєстрували в собак породи лабрадор, французький бульдог, німецька вівчарка. Вік собак становив $6 \pm 1,7$ роки. Раціон тварин був змішаний, тобто це був корм промислового виробництва і натуральне харчування. З анамнезу відомо, що тварини споживали корм декілька разів на добу і безпосередньо увечері перед сном. Рефлекторний процес евакуації вмісту шлунка в дванадцятипалу кишку здійснюється за умов його розрідження, досягнення певної концентрації соляної кислоти та водневих іонів, а також спорожнення дванадцятипалої кишки і відновлення там лужної рН після попереднього надходження порції кислого вмісту зі шлунка. Гідроліз білків у шлунку відбувається за дії пептидогідролаз, які активізуються соляною кислотою шлункового соку. За гіпофункції залоз шлунка цей процес порушується, гідроліз не відбувається у повній мірі, вміст шлунка не розріджується і процес евакуації гальмується.

За результатами загального аналізу крові в собак з рефлюксом було виявлено лейкоцитоз $19 \pm 1,3$ Г/л ($p < 0,05$), та порушення у лейкоцитарній формулі: збільшення кількості еозинофілів $8 \pm 0,6\%$ ($p < 0,05$), моноцитів $12 \pm 1,2\%$ ($p < 0,05$). Показник ШОЕ становив $14 \pm 1,6$ мм/год. Усі інші показники загального аналізу крові не відрізнялися від норми. Такі зміни у загальному аналізі крові засвідчують запальний процес в організмі тварини.

За результатами біохімічного аналізу крові було виявлено незначне підвищення окремих печінкових констеляцій: вміст аспартатамінотрансферази в сироватці крові становив $58 \pm 4,3$ г/л ($p < 0,05$), аланінамінотрансферази – $147 \pm 2,1$ г/л ($p < 0,05$), лужна фосфатаза $167 \pm 2,1$ Од/л ($p < 0,05$), що свідчить про ураження клітин печінки і зниження її функціональної активності. Вміст тригліцеридів становив $1,2 \pm 0,3$ ммоль/л ($p < 0,05$), холестерину – $9,3 \pm 1,1$

ммоль/л. Уміст жовчних кислот, навпаки, був на нижній межі норми і становив $3,7 \pm 2,1$ мкмоль/л.

Під час проведення езофагоскопії було виявлено відсутність характерного блиску стравоходу, гіперемію слизової оболонки, припухлість і в окремих випадках наявність ерозій. Отриманні данні свідчать про важку стадію рефлюксу та затяжний перебіг хвороби.

За даними УЗД органів черевної порожнини та стравоходу було виявлено значне потовщення стінок шлунку та стравоходу, наявна підвищена ехогенність слизової оболонки шлунку, застій вмісту в шлунку, зниження перистальтики шлунку та кишечника. В інших органах черевної порожнини відхилень від норми не зареєстровано.

Висновок. Основні симптоми гастроєзофагального рефлюксу: харчові реакції – часте облизування, відрижка, блювання; інколи болісні відчуття при пальпації черевної порожнини, пригнічення, втрата ваги, неприємний запах з ротової порожнини; вік собак становив $6 \pm 1,7$ роки; морфологічні показники крові – лейкоцитоз $19 \pm 1,3$ Г/л ($p < 0,05$), порушення у лейкоцитарній формулі: збільшення кількості еозинофілів $8 \pm 0,6\%$ ($p < 0,05$), моноцитів $12 \pm 1,2\%$ ($p < 0,05$); біохімічні показники сироватки крові – підвищення окремих печінкових констеляцій: вміст аспартатамінотрансферази в сироватці крові $58 \pm 4,3$ г/л ($p < 0,05$), аланінамінотрансферази – $147 \pm 2,1$ г/л ($p < 0,05$), лужної фосфатази $167 \pm 2,1$ Од/л ($p < 0,05$), тригліцеридів $1,2 \pm 0,3$ ммоль/л ($p < 0,05$), холестерину – $9,3 \pm 1,1$ ммоль/л. Уміст жовчних кислот, навпаки, був на нижній межі норми і становив $3,7 \pm 2,1$ мкмоль/л. За езофагоскопії характерне відсутність характерного блиску слизової стравоходу, гіперемія слизової оболонки, припухлість і в окремих випадках наявність ерозій.

За даними УЗД органів черевної порожнини та стравоходу було виявлено значне потовщення стінок шлунку та стравоходу, наявна підвищена ехогенність слизової оболонки шлунку, застій вмісту в шлунку, зниження перистальтики шлунку та кишечника. Отриманні данні свідчать про важку стадію рефлюксу та тривалість хвороби.

Бібліографія

1. Sharma, P., & Yadlapati, R. (2021). Pathophysiology and treatment options for gastroesophageal reflux disease: looking beyond acid. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1486(1), 3–14. <https://doi.org/10.1111/nyas.14501>.
2. Dutta, U., & Moayyedi, P. (2013). Management of reflux-related symptoms. Best practice & research. *Clinical gastroenterology*, 27(3), 387–400. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2013.06.004>.
3. Johnston, N., Ondrey, F., Rosen, R., Hurley, B. P., Gould, J., Allen, J., DelGaudio, J., & Altman, K. W. (2016). Airway reflux. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1381(1), 5–13. <https://doi.org/10.1111/nyas.13080>.
4. Mayhew, P. D., Balsa, I. M., Marks, S. L., Pollard, R. E., Case, J. B., Culp, W. T. N., & Giuffrida, M. A. (2021). Clinical and videofluoroscopic outcomes of laparoscopic treatment for sliding hiatal hernia and associated gastroesophageal reflux in brachycephalic dogs. *Veterinary surgery: VS*, 50 Suppl. 1, O67–O77. <https://doi.org/10.1111/vsu.13622>.

5. Lambertini, C., Pietra, M., Galiazzo, G., Torresan, F., Pinna, S., Pisoni, L., & Romagnoli, N. (2020). Incidence of Gastroesophageal Reflux in Dogs Undergoing Orthopaedic Surgery or Endoscopic Evaluation of the Upper Gastrointestinal Tract. *Veterinary sciences*, 7(4), 144. <https://doi.org/10.3390/vetsci7040144>.
6. Nash, T. R., Hosgood, G. L., & Appelgrein, C. (2024). Esophageal pH-monitoring in nonbrachycephalic dogs; a reference. *Veterinary surgery: VS*, 53(1), 45–53. <https://doi.org/10.1111/vsu.14020>.

Іван Помітун, Любов Паньків, Надія Косова
ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ УТРИМАННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА
РЕЗИСТЕНТНІСТЬ ЯГНЯТ

Інститут тваринництва НААН, м. Харків, Україна

E-mail: pomitun@ukr.net, kosovanadkh@gmail.com, lpankiw69@gmail.com

Ключові слова: кліматичні умови, інтенсивність росту, збереженість, природна резистентність, ягнята

Вступ. Підвищення ефективності виробництва продукції вівчарства є однією з передумов збереження та подальшого розвитку галузі вівчарства в Україні. Можливості для зниження витрат на виробництво вбачаються у збільшенні частки більш дешевих пасовищних кормів в годівлі овець, зниженні витрат на будівництво капітальних приміщень для утримання тварин, а також затрат праці персоналу, дефіцит якого тепер є особливо відчутним. В якості технологічного прийому, що дозволяє здійснити зниження вказаних витрат виступає зміщення термінів ягніння вівцематок з традиційних зимових місяців на весняні. Однак, чіткі рекомендації щодо оптимальних термінів проведення цього важливого технологічного процесу, у зв'язку з можливістю його проведення без використання капітальних приміщень, поки відсутні. Актуальність цієї проблеми простежується і в інших країнах. За даними J. Sveinbjörnsson і ін. [6], в вівце-господарствах Ісландії виробничий цикл розпочинається ягнінням вівцематок у травні місяці. Відповідно відлучення та забій ягнят припадає на вересень та жовтень місяці. Тобто ягніння і вирощування ягнят припадає на пасовищний період.

Згідно з результатами досліджень D. Shiels і ін. [4] загальний рівень виробництва продукції вівчарства в умовах господарств Ірландії може бути забезпечений і при застосуванні системи ягніння вівцематок на пасовищах досягаючи рівня, який підтримується традиційно за ягніння овець у приміщеннях. При цьому вівці 5 порівнюваних ними порід та кросбредних поєднань виявилися пристосованими для системи ягніння в умовах пасовища. Вони не поступалися за показниками живої маси ровесникам, які були народжені і вирощувалися в приміщеннях. При цьому вірогідно менше ($P < 0,01$) часу витрачалося персоналом на відловлювання та переміщення овець в процесі їх ягніння.

Разом з тим, А. Алі і ін. [1] відзначають, що сезон народження не вплинув суттєво на живу масу ягнят при народженні, але мав значний вплив на дану ознаку у молодняку за досягнення ним 120-, 180- та 270-добового віку.

Зміщення термінів ягніння вівцематок з осінніх та зимових місяців на весняні та літні, за даними В.С. Heinzen і ін. [2], не мало істотного впливу на показники збереженості ягнят до відлучення, хоч при цьому зростала частота антигельмінтних їх обробок. Різкі ж коливання та зниження температури повітря, за результатами досліджень L. Shi і ін. [3], негативно впливають на ріст ягнят, імунну функцію та антиоксидантний статус їх організму. При цьому також відзначається зниження експресії деяких генів.

Досліджуючи динаміку гематологічних показників у ярок в період їх росту від народження до чотирьохмісячного віку, D.F. Souza і ін. [5] відзначають, що такі показники як вміст загального білка в плазмі та фібриногену, а також загальна кількість лейкоцитів має тенденцію до зростання з віком ягнят від 60 до 90 діб, інколи фактичні показники у молодняку перевищують значення, встановлені для дорослих тварин. Це на їх думку вказує на необхідність встановлення референтних значень цих показників для конкретних вікових груп ягнят. Отже, дослідження відповіді організму ягнят на зміни умов доквілля, обумовлені змінами в технології утримання тварин є актуальними, що і обумовило мету виконаної нами роботи.

Матеріали та методи. Дослідження здійснено в умовах експериментальної бази Інституту тваринництва НААН. Опрацювання технології ягніння вівцематок під навісами попередньо проводили шляхом оцінки основних показників, які характеризують погодні умови, а дослідження продуктивності і резистентності ягнят, народжених у весняний період проводили на 2 групах вівцематок (по 30 голів у кожній) з новонародженими ягнятами Харківського внутрішньопородного типу породи прекос. Одна група утримувалась в приміщенні за традиційною технологією, інша – під навісами. На дослід ставились глибокосуюгні матки. Проводилась оцінка ягнят від моменту їх народження методами хронометражних спостережень поведінкових реакцій, і до відлучення – шляхом визначення живої маси, середньодобових приростів, збереження. Фізіологічний стан та рівень природної резистентності організму ягнят в залежності від способу утримання оцінювали двічі шляхом гематологічних досліджень – в 60-добовому та 120- добовому віці. Кількість еритроцитів та лейкоцитів, лейкограми, вміст гемоглобіну, загального білка, альбумінів, α -, β -, γ - глобулінів, співвідношення між альбумінами та глобулінами, показники фагоцитозу та лізоцимну активність визначали в умовах Випробувального центру з оцінки якості продукції тваринництва та кормів Інституту.

Оцінку кліматичних умов (температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря) під навісами та в приміщеннях в період з 1 березня по 10 травня здійснювали 4-кратно у продовж доби в денний та нічний періоди. За

результатами спостережень визначалася відповідність вказаних показників критеріям, що відповідають значенням комфортних умов для ягнят. Зона комфорту для ягнят встановлювалася відповідно чинним нормам технологічного проектування об'єктів вівчарства та складала – температура повітря у діапазоні від +12 до +22°C, його вологість – від 45 до 85%, швидкість руху повітря – не вище 1,5 м/сек.

Результати та їх обговорення. Встановлено, що в період від 1 березня до 10 березня за трьома показниками не виявлено комфортних умов для новонароджених ягнят під навісами. В період від 1 квітня до 20 квітня не дивлячись на те, що температура повітря була достатньою, показники відносної вологості та швидкості руху повітря були неблагоприємними для ягнят як в денні, так і в нічні години. В період від 21 квітня до 30 квітня коефіцієнт забезпеченості комфортних умов (відношення кількості спостережень, які потрапили в зону комфорту до загальних) за вищезазначеними показниками клімату в цьому регіоні склав 60 %, в нічні години 40 %. В першу декаду травня цей показник становив 100 % і 50 % відповідно. Отже, проведені дослідження дозволили встановити оптимальні терміни ягніння вівцематок поза приміщеннями для регіону Сходу України – з другої половини квітня – першої декади травня. У зв'язку з цим, дослідну групу вівцематок, відібрану за 7-10 днів до ягніння, було переведено 20 квітня з приміщення під навіси, забезпечивши їм ідентичні умови годівлі та норми площі для утримання, аналогічні контрольній групі, яка залишилася в приміщенні.

При ягнінні вівцематок в приміщенні проводились спостереження за мікрокліматом. Встановлено, що за період проведення досліджень середня температура у вівчарні знаходилася у межах від +15,3 до + 20,4°C, відносна вологість повітря – 82-95%.

Проведені хронометражні спостереження за ходом ягніння вівцематок. Встановлено, що час потугів, родів та облизування маткою ягняти як під навісами, так і в приміщенні був майже однаковий, однак спостереження за поведінкою новонароджених ягнят показали, що під навісами ягнята були більш жвавими. Вони лежали менше на 20% часу, а частота сосання маток була більшою на 15% проти ровесників, які утримувались в приміщенні.

Оцінкою було встановлено, що ягнята, які народжувались під навісами, мали живу масу $3,59 \pm 0,18$ кг, що в середньому на 4,2% менше порівняно з ягнятами, які народжувались в приміщенні.

В період від народження до 21 доби життя температура повітря у приміщенні була комфортною в денні години, однак відносна вологість та швидкість руху повітря в перші 14 днів від народження не відповідали вимогам комфортності як у денні, так і в нічні години. Середньодобовий приріст ягнят, які утримувались в приміщенні складав $196,6 \pm 14,8$ г та був на 15,8% менше порівняно з ровесниками, які утримувались під навісами ($233,6 \pm 20,5$ г).

Визначені також показники росту ягнят в період від 21- до 120-добового віку, залежно від умов їх утримання. Виявлено незначну перевагу ягнят, народжених під навісами на етапі вирощування до 20 діб за середнім добовим приростом (на 11,7%) та наступне вирівнювання за цією ознакою з ровесниками, народженими у приміщенні у віці 21-120 діб – різниця 2,3%.

У наших дослідженнях збереженість ягнят за період від народження до відлучення від матерів (120 діб) у групі під навісами склала 100%, у приміщенні – 92%, що хоч і не істотно, але відрізняється від результатів, одержаних D. Shiels і ін. [4]. Після відлучення від вівцематок молодняк утримувався в однакових умовах на вигульно-годівеельному майданчику з вільним доступом до навісів та випасанні на природному пасовищі з підгодівлею неподрібненим зерном вівса з годівниць.

Оцінкою фізіологічного стану та рівня природної резистентності організму ягнят в залежності від способу утримання в 60-добовому та 120-добовому віці було встановлено, що кількість еритроцитів та вміст гемоглобіну у крові усіх тварин, яких утримували за I-го способу (під навісами), упродовж спостереження відповідали видовій фізіологічній нормі. За II-го способу утримання (у приміщенні), ці показники спочатку були нижчими за норму – у 12,5% та 25,0% тварин відповідно, потім підвищились і увійшли в її межі, але, в середньому, їх значення були нижчими на 8,6% та 3,1%, відповідно. В цілому, кількість еритроцитів і вміст гемоглобіну на початку періоду спостереження у тварин, яких утримували під навісами, були в середньому вищими, відповідно, на 8,4 та 6,0%, а наприкінці – були вірогідно вищими в середньому на 23,1% ($P > 0,99$) та 16,3% ($P > 0,99$), відповідно.

Кількість лейкоцитів у крові 60-добових ягнят була вищою за норму на 1,2% у 14,5% тварин за I-го способу утримання та на 0,6–11,7% у 50,0% тварин за II-го способу утримання. Поряд з цим, у 12,5% тварин за II-го способу утримання відзначалися і нижчі за норму на 28,0% показники. За досягнення ягнятами віку 120 діб, рівень лейкоцитів у тварин за II-го способу утримання знизився до норми, а у групі за I-го способу утримання кількість тварин з підвищеним (на 6,5–16,2%) рівнем лейкоцитів збільшилась до 40,0%. В середньому кількість лейкоцитів на початку періоду спостереження у тварин за I-го способу утримання була на 5,4% нижчою ніж за II-го способу утримання, а наприкінці – на 3,4% вищою, однак ці розбіжності були невірогідними. Незначний рівень підвищення кількості лейкоцитів може вказувати на фізіологічний лейкоцитоз внаслідок стресу. Наявність у роботі D.F. Souza, і ін. [5] аналогічних результатів вказує про те, що такі зміни можуть бути закономірними для цього вікового періоду. І можливо обумовлені збільшенням інтенсивності споживання ягнятами грубих кормів.

Щодо лейкограм, то у ягнят 60-добового віку, як за I-го, так і за II-го способів утримання, кількість паличко- та сегментоядерних нейтрофілів, еозинофілів, моноцитів була нижчою за норму, відповідно, у 57,1% і 37,5%, 85,7% і 62,5%,

14,3% і 37,5%, 28,6% і 62,5% тварин відповідних груп, а кількість лімфоцитів – навпаки, вищою за норму у 85,7% та 87,5% тварин. За II-го способу утримання у 37,5% тварин додатково виявлено підвищену кількість юних нейтрофілів. За досягнення ягнятами 120-добового віку, ці зрушення збериглися, за виключенням того, що рівень юних нейтрофілів у крові за II-го способу утримання тварин увійшов у межі норми. При цьому, порівняно з початковими даними, у тварин за утримання під навісами вірогідно збільшилась кількість сегментоядерних нейтрофілів ($P > 0,95$) і зменшилась кількість моноцитів ($P > 0,95$) та еозинофілів ($P > 0,90$). На початку періоду спостереження кількість паличко- та сегментоядерних нейтрофілів у тварин за утримання під навісами в середньому була, відповідно, на 23,9 та 14,3% нижчою, а кількість еозинофілів, базофілів, лімфоцитів та моноцитів вищою, відповідно, на 84,0, 128,0, 1,8 та 105,6% ніж за II-го способу утримання. Наприкінці періоду спостереження у тварин за утримання під навісами кількість юних, паличко- та сегментоядерних нейтрофілів, мієлоцитів в середньому була вищою, відповідно, на 17,7, 88,0, 11,0, 81,8 %, а кількість еозинофілів, лімфоцитів і моноцитів ($P > 0,90$), навпаки, нижчою, відповідно, на 1,6, 5,0, і 67,2% ($P > 0,90$) ніж за утримання в приміщенні. Виявлені в лейкограмах зрушення вказують на ймовірність наявності у тварин запальних процесів та/або застосування лікарських препаратів (антибіотиків, сульфаніламідів або нестероїдних протизапальних).

Фагоцитарна активність в обидва вікові періоди оцінки відповідала нормі у 83,3–87,5% тварин за обох способів утримання. Однак, була вищою за I-го способу утримання в середньому на початку періоду спостереження на 10,3%, наприкінці – на 3,7%, й підвищилась порівняно з початковими даними у тварин за I-го способу утримання в середньому на 14,6% ($P > 0,90$), за II-го способу утримання – на 27,1% ($P > 0,95$). Фагоцитарний індекс за I-го способу утримання на початку в середньому був вищим на 16,5%, наприкінці – на 10,3%, фагоцитарне число, відповідно, на 28,8 ($P > 0,90$) та 13,7%, фагоцитарна ємність – спочатку на 4,0% нижчою, а наприкінці – на 35,7% вищою.

Лізоцимна активність сироватки крові на початку періоду спостереження за утримання під навісами була нижчою ніж за утримання у приміщенні на 22,1%, а наприкінці – на 4,4%, але ці розбіжності невірогідні. Протягом спостереження лізоцимна активність вірогідно зменшилась за I-го способу утримання на 35,8% ($P > 0,95$), за II-го – на 47,7% ($P > 0,95$).

Висновки. Показники температури, вологості та швидкості руху повітря є оптимальними для проведення ягніння вівцематок поза приміщеннями у регіоні Сходу України з другої половини квітня – першої декади травня. Новонароджені під навісами ягнята – більш рухливі, ніж їх ровесники, народжені у вівчарні, вони також частіше вдавалися до підсосу вівцематок. Середньодобові прирости ягнят, під навісами за перші 20 діб життя, на 11,7% перевищували показники їх ровесників у приміщенні. За період 21-120 діб –

різниця за цим показником скоротилася до 2,3%. Збереженість ягнят за досліджуваний період у групі під навісами склала 100%, у приміщенні – 92%.

Дослідженнями крові, у ягнят 60-добового віку обох груп не виявлено вірогідних відмінностей за визначеними показниками за виключенням наявності тенденції до підвищення фагоцитарного числа у тварин, утримуваних під навісами. У ягнят 120-добового віку було виявлено вірогідно вищу кількість еритроцитів та гемоглобіну в межах видової фізіологічної норми у тварин за утримання під навісами – в середньому на 23,1% ($P > 0,99$) та 16,3% ($P > 0,99$) відповідно, а також тенденцію до зниження рівня γ -глобулінів в межах норми ($P > 0,90$). Виявлена у тварин обох груп гіпопротеїнемія можливо стала наслідком недостатнього надходження білків з кормами, або порушення їх всмоктування в кишківнику.

Бібліографія

1. Ali, A., Javed, K., Zahoor, I., & Anjum K.M. (2020). Analysis of non-genetic and genetic influences underlying the growth of Kajli lambs. *South African Journal of Animal Science*, 50(4), 613-625. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v50i4.13>.
2. Heinzen, B.C., Weber, S.H., Maia, D., & Sotomaior, C.S. (2023). Productive performance of lambs born in different seasons of the year. *Open veterinary journal*, 13(7), 932–941. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2023.v13.i7.13>.
3. Shi, L., Xu, Y., Jin, X., Wang, Z., Mao, C., Guo, S., Yan, S., & Shi, B. (2022). Influence of Cold Environments on Growth, Antioxidant Status, Immunity and Expression of Related Genes in Lambs. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(19), 2535. <https://doi.org/10.3390/ani12192535>.
4. Shiels, D., Loughrey, J., Dwyer, C. M., Hanrahan, K., Mee, J. F., & Keady, T. W. J. (2021). A Survey of Farm Management Practices Relating to the Risk Factors, Prevalence, and Causes of Lamb Mortality in Ireland. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(1), 30. <https://doi.org/10.3390/ani12010030>
5. Souza, D.F., de Paula, E.F.E., de Fernandes, S.R., Franco, D.R., Koch, M., de Locatelli-Dittrich, R., Barros Filho, I.R., de, & Monteiro, A.L.G. (2018). Dinâmica dos parâmetros hematológicos em cordeiras durante os primeiros quatro meses de vida. *Semina: Ciências Agrárias*, 39(6), 2465–2476. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n6p2465>.
6. Sveinbjörnsson, J., Eythórsdóttir, E., & Örnólfsson E.K. (2021). Factors affecting birth weight and pre-weaning growth rate of lambs from the Icelandic sheep breed. *Small Ruminant Research*, 201, 106420. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106420>.

Галина Прусова¹, Володимир Дувін²

ВПЛИВ РІЗНИХ ФОРМ ПРОТЕЇНУ ТА ЕНЕРГІЇ В РАЦІОНАХ КОРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ МОЛОКУ ПРИ ЗМІНІ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ

Інститут тваринництва Національної академії аграрних наук, Харків, Україна

E-mail: galinaprusova1103@gmail.com; Vladimirduvin@gmail.com

Ключові слова: протеїн, корови, протеїнова добавка, стрес

Вступ. Інтеграція України до міжнародних економічних організацій ставить питання щодо необхідності виробництва конкурентоспроможної та водночас екологічно безпечної для життя і здоров'я населення молочної продукції. Це, в

свою чергу, висуває вимоги до використовуваних технологій виробництва у плані відповідності міжнародним стандартам у напрямі зниження впливу негативних чинників на рівень продуктивності тварин, їх стресостійкість до технологічних та природних чинників тощо.

До цих чинників відноситься й температурний стрес – ситуація, коли тіло неспроможне ефективно розсіювати метаболічне тепло, це може призводити до збільшення внутрішньої температури тіла та зменшення фізичних і ментальних здібностей [1]. За повідомленням [2] кожен градус глобального збільшення температури призводить до багаторазового збільшення частоти теплових хвиль і посилення теплового стресу.

Одним з чинників ефективного виробництва молока за інтенсивного ведення галузі є створення комфортних умов утримання тварин на фермі. Високопродуктивні корови доволі вибагливі до умов утримання та мікроклімату [3]. Вивчення продуктивної дії комплексного препарату байпас протеїн+прохідний крохмаль за впливу температурного стресу здійснено нами вперше. У літературі добре описано вплив термічного фактору середовища на продуктивність корів і описані механізми такого впливу. Основним наслідком реакції корів на температурний стрес є зниження споживання сухої речовини корму. Цей фактор стає головним чинником зниження продуктивності через дефіцит енергії і білка.

Матеріали та методи досліджень. В умовах ТОВ «Печенізьке» Чугуївського району Харківської області проведено науково-господарський дослід тривалістю 100 діб на коровах української червоно-рябої породи після 150 дня після отелення відповідно схеми досліджень у літній період. Методом параналогів було сформовано 2 групи по 15 голів у кожній з середньою живою масою 550-600 кг другої–четвертої лактації та середнім удоєм $28,8 \pm 0,55$ кг та $28,5 \pm 0,67$ кг молока на початку дослідів відповідно.

Умови утримання, режими годівлі та напування, параметри мікроклімату під час досліджень між групами піддослідних тварин були однакові. Утримання у господарстві у літній період – на вигульно-кормових майданчиках з доїнням у приміщенні.

Відібрано зразки кормів та встановлено їх хімічний склад і поживність в лабораторії оцінки якості кормів та продуктів тваринного походження ІТ НААН. З урахуванням хімічного складу та поживної цінності кормів, були розроблені раціони для піддослідних груп, збалансованими згідно за поживністю, органічними та мінеральними речовинами, різниця між ними коливалася від 1% до 3%. Відмінність в годівлі тварин була у використанні у контрольній групі традиційної білкової добавки (шроту соняшникового) з низьким ступенем захищеності протеїну (15,2%) від розщеплення в рубці, а у дослідній – інноваційної білкової добавки ТЕП-мікс з високим ступенем захищеності протеїну (65,3%).

Основний раціон корів обох груп був однаковий та складався з 8,0 кг силосу кукурудзяного, 12,0 кг сінажу тритикале+овес, 1,0 кг соломи горохової, 5 кг пивної дробини. Концентратна частина у контрольній групі складалася з 7,6 кг комбікорму, а у дослідній – з 5,8 кг комбікорму та 1,7 кг ТЕП-мікс. У раціоні контрольної групи містилося 17,66 кг СР, 186,7 МДж ОЕ, 2841 г СП, у т.ч. 2182 г РП та 658 г НРП (23,18 % від загальної кількості СП), у дослідній – 17,50 кг СР, 185,5 МДж ОЕ, 2836 г СП, у т.ч. 1885 г РП та 951 г НРП (33,53% від загальної кількості СП).

Протягом дослідження раціон залишався незмінним. Такий склад та поживна цінність кормосуміші є універсальною для всього поголів'я корів у другий період лактації, а задоволення потреб тварин з різною молочною продуктивністю у необхідній кількості енергії та поживних речовин здійснювалося за рахунок годування досхочу.

Для визначення якісних показників отриманої продукції проводився відбір зразків молока, аналіз їх хімічного складу за ДСТУ ISO 9622:2013 (ISO 9622:1999.IDT) в лабораторії якості молока ІТ НААН за наступними показниками: вміст жиру, білку, протеїну, лактози, сухої речовини (СР), сухого знежиреного залишку (СЗЖЗ), точка замерзання (°С).

Результати і обговорення. Відомо, що чим вище добове споживання сухої речовини раціону, чим більший рівень доставки енергії та поживних речовин на 100 кг живої маси корів, тим вище і молочна продуктивність цих тварин.

У проведеному досліді встановлено, що рівень годівлі корів як у контрольній, так і у дослідній групі був повноцінним, збалансованим, і не мав суттєвих відмінностей, за винятком показників якості протеїнового живлення, зокрема рівню неразщелюємого протеїну.

Добове споживання сухої речовини раціону та рівень годівлі корів в обох групах був дещо вищим за норму за рахунок додаткового змочування кормосуміші водою з тим, щоб вологість становила не нижче 54-55 %. Це забезпечило високе та охоче поїдання кормосуміші тваринами обох груп.

З метою визначення впливу температурного стресу на молочну продуктивність корів другої половини лактації та його зниження, нами регулярно проводився моніторинг температури повітря у травні–серпні, коли вона коливалася від +24,5°С до +36,4°С.

Встановлено, що згодовування раціонів з високим ступенем захищеності протеїну від розщеплення в рубці дало змогу збільшити середню молочну продуктивність корів на 1,3 кг натурального молока, тоді як у контрольній групі цей показник знизився на 2,3 кг. Відмічено й збільшення масової частки жиру та білка в молоці корів дослідної групи відповідно на 0,14 та 0,06 абсолютних відсотків, тоді як у контрольній групі вміст жиру в молоці збільшився лише на 0,08 %, а білку – навпаки зменшилося на 0,03 %. Таким чином, продуктивність корів у перерахунку на базисну жирність у дослідній групі збільшилася на 2,64 кг, а контрольної знизилася на 2,2 кг.

Аналіз результатів досліджень по групах корів свідчить, що амплітуда коливань удою у тварин контрольної групи склала 9,2 кг (max-min), тоді як в дослідній групі вона знизилась до рівня 6,0 кг. Амплітуда коливань жиру та білку в групах була при цьому майже однаковою. Це говорить про те, що всі дослідні корови нормалізували обмін речовин однаково ефективно.

Отримані результати свідчать, що корови позитивно і суттєво реагують на зміни білкового живлення за рахунок збільшення рівню нерозчинного протеїну в раціоні. Варіант цього збільшення за рахунок використання добавки ТЕП-мікс – є доволі прийнятним.

У дослідженнях вперше доведено, що зміни білкового живлення корів у напрямку насичення раціону корів протеїном, який перетравлюється за кишковим типом з 23,18% до 33,53% забезпечує запобігання дії теплового стресу. При чому, з підвищенням температури до максимуму, ступінь протидії тепловому стресу стає максимальною, що демонструється високою різницею продуктивності між контрольною і дослідною групами.

Встановлена реакція тварин може пояснюватися стабілізацією обміну речовин в організмі взагалі та зниженням навантаженої інтенсивності ферментації білкових речовин у рубці. У стресовий період підвищених температур навколишнього середовища організм дослідних тварин виявився більш забезпеченим не тільки білком, але і енергією. Це обумовлено тим, що на перетравлення нерозчинного протеїну організм корів витрачає менше енергії, ніж при перетравленні білків у рубці, і крім того, збільшення потоку амінокислот, які всмоктуються до кишківника, сприяє використанню їх частки на енергетичні цілі. Тому енергетична забезпеченість корів під час теплового стресу за використання ТЕП-мікс у раціоні була однозначно більш суттєвою, направленою на синтез додаткової кількості молока. При цьому збільшення удою не супроводжувалося втратами його якості (за вмістом масової частки жиру і білка).

Таким чином можна стверджувати, що використання специфічних білкових кормових джерел, регулюючих рівень нерозщеплюваного протеїну в раціоні, можна розглядати як фактор протидії тепловому стресу і підвищення молочної продуктивності дійних корів протягом всього фізіологічного циклу лактації, у тому числі і в екстремальних умовах підвищених температур.

Для визначення ефективності використання захищеної енерго-протеїнової добавки у годівлі дійних корів за теплового стресу, були визначені коефіцієнти конверсії протеїну з кормів в молоко.

Встановлено, що біологічна конверсія протеїну в молоко у корів контрольної групи виявилася на 21,87 % нижче, ніж у дослідній.

Висновки. Використання специфічних білкових кормових джерел, що регулюють рівень нерозщеплюваного протеїну в раціоні, можна розглядати як фактор протидії тепловому стресу і підвищення молочної продуктивності дійних корів протягом усього фізіологічного циклу лактації, у тому числі і в

екстремальних умовах підвищених температур. Зміни білкового живлення корів у напряму насичення раціону корів протеїном, який перетравлюється за кишковим типом, з 23,18% до 33,53%, забезпечує запобігання дії теплового стресу. При чому, з підвищенням температури до максимуму, ступінь протидії тепловому стресу стає максимальним та забезпечує підвищення молочної продуктивності корів за теплового стресу (до 36°C) на 28%.

Бібліографія

1. West J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 86(6), 2131–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X).
2. Kaufman, J. D., Kassube, K. R., & Rius, A. G. (2017). Lowering rumen-degradable protein maintained energy-corrected milk yield and improved nitrogen-use efficiency in multiparous lactating dairy cows exposed to heat stress. *Journal of dairy science*, 100(10), 8132–8145. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13026>.
3. Frigeri, K. D. M., Kachinski, K. D., Ghisi, N. C., Deniz, M., Damasceno, F. A., Barbari, M., Herbut, P., & Vieira, F. M. C. (2023). Effects of Heat Stress in Dairy Cows Raised in the Confined System: A Scientometric Review. *Animals: an open access journal from MDPI*, 13(3), 350. <https://doi.org/10.3390/ani13030350>.

Анатолій Ткачов

СПОСІБ НОРМАЛІЗАЦІЇ В-КАРОТИНУ В ОРГАНІЗМІ МОЛОЧНОЇ ХУДОБИ

*Інститут тваринництва Національної академії аграрних наук України,
61-026 Харків, Україна; E-mail: tkachova_i@i.ua*

Ключові слова: молочна худоба, неспецифічна резистентність, β-каротин, нанотехнології

Вступ. Швидке посилення неспецифічної резистентності молочної худоби, підвищення антиоксидантних та детоксикаційних властивостей можливе шляхом застосування імуностимулюючих препаратів. Останніми роками набувають популярності імуностимулючі препарати, виготовлені на основі нанотехнологій. Втім, механізми їх дії на організм тварин залишаються мало дослідженими [1].

Давно відома позитивна дія β-каротину на організм тварин, як імуностимулюючої речовини. Тварини отримують його в достатній кількості з кормами, але каротин, що міститься в кормах, є нестійкою сполукою. Каротин легко окислюється та руйнується під дією світла, кисню, під час термічної обробки та зброджування кормів. Через це багато каротину втрачається у процесі збирання, приготування і зберігання кормів. Впродовж 6-місячного зберігання сіна втрачається до 70 % каротину, силосу – до 90 %. Тому вбачається актуальним напрямом розробка ін'єкційних форм каротиномістких препаратів [2], що дозволить вводити до організму необхідну кількість β-каротину.

Метою роботи було визначення ефективності препарату неспецифічної резистентності організму (NRB) на основі масляних розчинів наноалмазів детонаційного синтезу, модифікованих β-каротином. Ефективність його

застосування проведено на молочній худобі різного віку та фізіологічного стану в умовах дослідного господарства «Гонтарівка» Харківської області на молочній худобі різного віку та фізіологічного стану. Ефективність експериментального препарату досліджували у порівнянні із традиційним препаратом для профілактики гіповітамінозів – тетравітом та плацебо-контрольованою групою через введення фізіологічного розчину.

Матеріали і методи. Схема досліджень включала два досліди. В першому досліді було відібрано по 20 гол. телиць-аналогів парувального віку і сформовано три групи за введенням препаратів: I – контрольна (фізіологічний розчин), II дослідна (тетравіт), III дослідна (препарат з діючою речовиною). Усі препарати вводили у вигляді підігрітих до 30-35°C розчинів у дозуванні по 20 мл/гол. внутрішньом'язово у термін 14-30 днів перед осіменінням. В день введення препаратів і за 14 днів після введення у телиць відбирали зразки крові для біохімічних досліджень.

Кількісні характеристики біохімічних показників крові великої рогатої худоби залежать від різноманітних факторів [3]. Так, відомо, що концентрація загального білка і залишкового азоту у сироватці крові більш високопродуктивних тварин вища у менш продуктивних. Показник загального білка варіює у різних порід худоби. Також біохімічні показники крові залежать від фізіологічного стану тварин, наприклад, наприкінці вагітності у сироватці крові підвищується концентрація імуноглобулінів. Білкова картина крові значно змінюється під впливом умов годівлі та утримання. Крім того біохімічні показники крові змінюються залежно від сезону року (і зміною складу кормів у раціонах) – влітку у крові вища концентрація каротину та інших вітамінів, лужний резерв, вміст кальцію і фосфору, у порівнянні із зимовим періодом.

Біохімічні дослідження усіх зразків крові проводили в акредитованій лабораторії.

Усі експериментальні дослідження проведені відповідно до сучасних методичних підходів, вимог та стандартів (DSTU ISO/IEC 17025:2019, 2021), Директиви 2010/63/ЄС (2010) та Порядку проведення випробувань на тваринах у науково-дослідних установах» (Закон України № 249, 2012 р.). Експерименти виконано згідно з положеннями Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, яких використовують для експериментальної та іншої наукової мети (1986).

Результати та обговорення. За результатами першого досліді встановлено, що фонові показники вмісту β -каротину у сироватці крові усіх груп телиць були в діапазоні 0,490-0,493 мг%. Вміст каротину у крові телиць контрольної групи практично не змінювався впродовж досліді. У сироватці крові телиць дослідної групи після введення тетравіту рівень каротину підвищився на 102,8 мг% (20,9 %), а у сироватці крові телиць, яким вводили експериментальний препарат, рівень каротину підвищився на 301,0 мг% (61,2 %).

Решта досліджених біохімічних показників сироватки крові тварин усіх груп також знаходились у межах референтних значень і змінювались у різних ступенях після введення препаратів. Так, спостерігали вірогідне ($P>0,95$) збільшення загального білка у сироватці крові телиць після введення експериментального препарату і підвищення (з невисокою вірогідністю $P>0,90$) – після введення тетравіту. При цьому рівень загального білка у сироватці крові телиць III дослідної групи після введення препарату був вищим, ніж у телиць інших груп, що свідчить про більш інтенсивну продукцію імунних глобулінів. Також підвищення рівня загального білка в усіх групах можна пояснити підвищенням рівня концентрованих кормів у раціонах, пов'язаним із осіменінням тварин.

Рівень альбумінів підвищувався у тварин усіх груп після досліду. Білковий коефіцієнт (А/Г) при цьому майже не змінювався у тварин усіх груп. Збільшення глобулінової фракції білка у тварин дослідної групи відбулося за рахунок α -глобулінів.

Дещо знижувався (не вірогідно) після введення обох вітамінних препаратів вміст АСТ та співвідношення АСТ/АЛТ. З невисоким ступенем вірогідності ($P>0,90$) збільшувався вміст АЛТ, глюкози та загального холестерину після введення експериментального препарату.

Високе вірогідне підвищення встановлено між вмістом лужної фосфатази у телиць II і III дослідних груп після введення препаратів, на 21,1 % та 23,4 % відповідно.

У другому досліді було відібрано 15 первісток з II дослідної групи, яким у термін не більше 7 днів після отелення вводили по 20 мл/гол. експериментального препарату і через місяць робили повторну ін'єкцію. Перед кожною ін'єкцією та через місяць після другої ін'єкції у дослідних корів відбирали зразки крові для біохімічних досліджень.

Встановлено, що після отелення корови дослідної групи мали підвищений рівень каротину в крові ($1,045 \pm 0,031$ мг%), на 0,252 мг% вище, ніж до отелення. Перед повторним введенням препарату рівень каротину був нижчим, що може бути пов'язаним із початком лактації і витратами каротину на утворення молока. Через місяць після повторного введення препарату і два місяці від початку лактації рівень каротину у крові ще незначно знизився (0,092 мг%). Відповідно знизився і рівень вітаміну А. Втім, рівень каротину у корів у цей період був значно вищим, ніж до отелення.

Після першого і повторного введення препарату помітно знизився вміст загального білку, що свідчить про стабілізацію організму. Рівень альбумінів збільшувався з кожною ін'єкцією, глобулінів – дещо знижувався. Вірогідно підвищився білковий коефіцієнт. Значно підвищився вміст сечовини у крові і, відповідно – азоту сечовини, що свідчить про високий рівень засвоювання білка корму. Рівень АсАТ, АлАТ і співвідношення після повторної ін'єкції знижувався. Вміст лужної фосфатази після першої ін'єкції зростав, після повторної

знижувався. Рівень креатиніну знижувався після кожного ведення препарату, на 5,992 і 5,042 мкмоль/л, відповідно. Зниження вмісту вітаміну Е у сироватці крові може бути пов'язане із гормональною перебудовою організму на другому місяці лактації. Отже, більшість біохімічних показників свідчить про стабілізацію білкового і вуглеводного обміну у корів-первісток після введення експериментального препарату.

Висновок. Встановлено, що препарат неспецифічної резистентності організму (NRB) на основі масляних розчинів наноалмазів детонаційного синтезу, модифікованих β -каротином, характеризується високою біодоступністю і значно підвищує рівень каротину в сироватці крові великої рогатої худоби парувального віку та після першого отелення. Введення експериментального препарату сприяє стабілізації організму корів-первісток після отелення та впродовж перших двох місяців лактації.

Бібліографія

1. Шевченко В.І. (1995). Клініко-біохімічний та імунний стан телят раннього віку. *Ветеринарна медицина: міжвід. темат. наук. зб.*, Вип. 70. – С. 75.
2. Дмитриева Т.О. (2012). *Профилактика акушерской патологии у высокопродуктивных коров в сухостойный период синтетическим бета-каротином*: автореф. дис.... канд. вет. наук. СПб., 2012. – 21 с.
3. Васильева, С.В., & Конопатов, Ю.В. (2017). *Клиническая биохимия крупного рогатого скота: учебное пособие*. 2 изд. СПб.: «Лань», 2017. – 188 с.

Михайло Уманець, Валерій Цвіліховський

НУТРИЦІОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ КАЛЬЦІУ ТА ФОСФОРУ НА РОЗВИТОК ІОНІЗОВАНОЇ ГІПЕРКАЛЬЦЕМІЇ КІШОК З ХРОНІЧНОЮ ХВОРОБОЮ НИРОК

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна
E-mail: umanets.vet@gmail.com, vtsovilhovskyy@nubip.edu.ua*

Ключові слова: гіперкальцемія, хвороби нирок, ниркова дієта

Вступ. Гіперкальціємія зазвичай спостерігається у котів з азотемічною хронічною хворобою нирок (ХХН) і є недоброю ознакою, що негативно впливає на перебіг ХХН [2, 5]. Обмеження фосфору в дієті вважається стандартним лікуванням, що знижує концентрацію фосфату та паратгормону (ПТГ) у плазмі крові та покращує одужування тварини [1], однак може сприяти розвитку гіперкальціємії, оскільки менший вміст фосфатів і вище співвідношення кальцію до фосфору (Са : Р) у кормі можуть призвести до посиленого всмоктування кальцію в кишечнику [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, 6].

Матеріали та методи. Проаналізовано історію хвороби котів з встановленим діагнозом ХХН, яка була підтверджена комплексно за результатами виявлення при ультразвуковому дослідженні та зниженні швидкості клубочкової фільтрації – за рівнем креатиніну та сегментованим диметиларгініном (SDMA) у сироватці крові. У всіх тварин була встановлена

друга стадія ХХН згідно за даними *International Renal Interest Society (IRIS)* [3]. Тварини, які мали підвищене співвідношення білок/креатинін, артеріальну гіпертензію або супутні захворювання, чи приймали будь-які медикаменти були виключені з експерименту. Для аналізу було відібрано 14 пацієнтів. Після встановлення діагнозу, частині тварин з групи 1 (8/14) була призначена комерційна лікувальна дієта з обмеженим рівнем білку та фосфору, а групі 2 (6/14) – призначили комерційну дієту для тварин старшого віку. Склад кормів наведений в таблиці 1.

Таблиця 1. Хімічний склад кормів для котів з другою стадією хронічної хвороби нирок

Хімічний склад кормів	Група 1	Група 2
Білок, %	28	30
Жир, %	16	19
Сира клітковина, %	2	4,7
Кальцій (Ca), %	0,6	0,8
Фосфор (P), %	0,33	0,6
Ca : P співвідношення	1,82	1,33
Na, g	0,2	0,3
Вітамін D ₃ , МО	1200	760

Власникам тварин було призначено приносити тварин на плановий скринінг через 3 та 6 місяців з моменту переходу на призначений тип раціону. Відповідальною особою за годування тварини був власник. У дослідженні брали участь коті, які проживали в приміщеннях без інших тварин, це потрібно було для дотримання чистоти годівлі. За планового скринінгу оцінювали такі показники як вага тіла, загальне самопочуття тварини, стан гідратації, біохімічні показники крові (креатинін, SDMA, сечовина, фосфор, загальний та іонізований кальцій). До дослідження не включались тварини з надмірною, чи не достатньою вагою.

Результати і обговорення. Під час спостереження вага тіла котів була стабільною, загальне самопочуття оцінювалось як задовільне, гідратація в межах норми. Протягом шести місяців спостережень у 1 групі тварин було виявлено динамічне підвищення середнього рівня загального та іонізованого кальцію на 8,1% та 6,0% відповідно. У 4/8 тварин 1 групи розвинулась іонізована гіперкальцемія. У групі 2 – рівень загального та іонізованого кальцію залишався в межах референтних [4] значень протягом всього часу спостереження. Рівень креатиніну, сечовини, SDMA не мав значних відхилень протягом шести місяців експерименту в обох групах, що свідчило про стабільність хвороби протягом часу спостереження і не залежало від рівня обмеження вмісту фосфору в раціоні. Рівень фосфору в обох групах залишався в рекомендованих межах до 1,45 мкмоль/л для кішок 1-2 стадії хронічної хвороби нирок за класифікацією IRIS [3],

що не потребувало застосування додаткової терапії для зменшення рівня фосфору в організмі пацієнтів.

Висновки. Встановлено, що коти з хронічною хворобою нирок, які отримували годівлю із значним обмеженням фосфору були сприятливіші до розвитку іонізованої гіперкальцемії, тоді як раціон з меншим обмеженням рівня фосфору та помірним співвідношенням кальцію до фосфору не викликав розвитку гіперфосфатемії протягом шести місяців експерименту.

Бібліографія

1. Barber, P. J., & Elliott, J. (1998). Feline chronic renal failure: calcium homeostasis in 80 cases diagnosed between 1992 and 1995. *The Journal of small animal practice*, 39(3), 108–116. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1998.tb03613.x>.
2. Elliott, J., Rawlings, J. M., Markwell, P. J., & Barber, P. J. (2000). Survival of cats with naturally occurring chronic renal failure: effect of dietary management. *The Journal of small animal practice*, 41(6), 235–242. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2000.tb03932.x>.
3. International Renal Interest Society (IRIS). Staging of CKD (modified in 2023): 1-5. http://www.iris-kidney.com/pdf/2_IRIS_Staging_of_CKD_2023.pdf.
4. International Renal Interest Society (IRIS). Reassessment of "normal" values in dogs and cats with chronic kidney disease (2023), http://www.iris-kidney.com/education/ckd_assessment_levels.html.
5. Nicholls, P. & O'Leary, M. (online). Hypercalcemia: overview. In: *Vetlexicon Felis*. Vetstream Ltd, UK. ISSN 2398-2950.
6. Tang, P. K., Geddes, R. F., Chang, Y. M., Jepson, R. E., Bijsmans, E., & Elliott, J. (2021). Risk factors associated with disturbances of calcium homeostasis after initiation of a phosphate-restricted diet in cats with chronic kidney disease. *Journal of veterinary internal medicine*, 35(1), 321–332. <https://doi.org/10.1111/jvim.15996>.

Юлія Шкурай, Олександр Федун, Оксана Осьмачко

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ЗМІНОЮ ЧИСЕЛЬНОСТІ ГНІЗДОВОЇ ПОПУЛЯЦІЇ ГРАКА (*CORVUS FRUGILEGUS*) В М. ЧЕРНІГІВ У ПЕРІОД ВОЄННИХ ДІЙ

*Національний університет "Чернігівський колегіум" імені Т.Г.Шевченка,
Чернігів, Україна*

E-mail: ulaskuraj@gmail.com; ficedula.f@gmail.com; osmachka.o@gmail.com

Ключові слова: воєнні дії, Чернігів, колонія, грак, *Corvus frugilegus*

Вступ. У ХХІ сторіччі військові конфлікти залишаються аспектом діяльності людської цивілізації. Тільки впродовж ХХ століття через низку великих і дрібних воєн загинуло більше 100 мільйонів людей [3, 5, 6, 9]. Військові конфлікти мають широкий спектр впливів на біорізноманіття, структуру та функції екосистем [2, 4]. Ступінь впливу війни на екосистему та її складові повністю залежить від характеру руйнування, чутливості біологічної системи та тривалості дії [1, 2, 7, 8].

Внаслідок нападу Росії на Україну, ми маємо справу зі збройними діями, які включали в себе ведення активних воєнних дій на земній поверхні: повітряні бомбардування, артилерійський, стрілецький обстріли та інші види наземних бойових дій, які могли вплинути на структуру та функції екосистеми.

З кінця лютого до кінця березня 2022 року навколо м. Чернігів велися воєнні дії. Військовими формуваннями збройних сил Росії були проведені обстріли різної інтенсивності з використанням стрілецького, артилерійського, ракетного та авіаційного озброєння. Під обстріли потрапили райони м. Чернігів, в межах яких розміщувалися колонії граків (*Corvus frugilegus*). Період бойових дій співпав з гніздовим періодом у граків. Саме в кінці лютого та в березні ми фіксували елементи гніздової поведінки (формування пар, будівництво гнізд, яйцекладка).

Метою дослідження було дослідити динаміку чисельності популяції грака (*Corvus frugilegus*), та встановити можливий вплив на формування колоній воєнних дій 2022 року.

Матеріали та методи. Матеріалами дослідження стали результати кількісного обліку граків в колоніях розміщених на території м. Чернігів, впродовж 2019 – 2022 років. Для виявлення гніздових колоній ми використали метод опитування та метод трансект.

При обстеженні колоніальних поселень грака фіксували дату проведення обстеження, номер колонії, кількість гнізд та груп, вид дерева, на якому виявили гнізда. В поняття *група* – включали одне дерево в межах обстежуваної колонії, на якому розміщувалося мінімум одне гніздо.

Результати і обговорення. В 2019 року в м. Чернігові виявлено 8 колоній грака. Загалом зареєстровано 828 гнізда. Вони розміщені на 293 деревах.

В період з 2019р. по 2021р. кількість колоній зросла на 5 – з 8 до 13 (табл. 1). Новоутворені колонії виявлено в сквері ім. Б. Хмельницького (№ 9), парку навпроти Драмтеатру (№10), в ЦПКіВ (№ 11), на перехресті проспекту миру і вул. Кільцева (№ 12), на території Обласної лікарні (№ 13). Відповідно зросла загальна кількість груп – з 293 до 338, та гнізд – з 828 до 980.

В ході обліку колоній граків у 2022 р. нами виявлено збільшення кількості гніздових колоній грака. За цей період кількість колоній збільшилась на з 13 до 15 (рис. 1, табл. 1). У 2022 році нами зафіксовано дві нові колонії № 14 та №15. Вони розташовані по вул. Космонавтів (між житловими будинками) та на території Коледжу транспорту НУЧП відповідно.

Динаміка загальної кількості гнізд є позитивною. В порівнянні з попереднім роком їх число збільшилось на 119, з них 92 – це гнізда колоній, що виявлені в 2022 році. В колоніях з 2021 р. додалось 27 нових гнізд. Звичайно, є як збільшення, так і зменшення їх кількості. Збільшення в п'яти колоніях, найбільше новозбудованих гнізд в колоніях №8 – 40, № 13 – 10, №11 – 9. В інших відбувається зменшення кількості гнізд на 1-9. По 9 гнізд зникло в колоніях №2 та №3.



Рисунок 1. Розміщення колоній граків в м. Чернівці

Загальна кількість груп зростає на 36, в більшості за рахунок колоній 2022 р. – вони додали 30 нових груп. У колоніях, що обстежувалися нами в 2021 році, значного збільшення в загальному не виявлено, додалося лише 6 груп до вже існуючих.

Таблиця 1. Динаміка чисельності гніздової популяції грака в м. Чернівці

№ колонії	2019 рік		2021 рік		2022 рік	
	К-ть груп	К-ть гнізд	К-ть груп	К-ть гнізд	К-ть груп	К-ть гнізд
1	5	19	6	14	8	13
2	5	19	4	26	5	17
3	20	29	14	32	12	23
4	7	16	22	45	18	45
5	55	108	76	145	65	142
6	7	28	7	27	7	14
7	20	33	21	38	24	42
8	174	576	155	575	158	615
9			9	20	10	18
10			10	15	11	19
11			3	5	10	14
12			6	21	4	18
13			2	7	9	17
14			-	-	10	20
15			-	-	20	72
	293	828	335	970	371	1089

В 2022 році в місті Чернігів під час бойових дій, під артилерійські та стрілецькі обстріли потрапляли райони де розміщувалися колонії граків. Ми припускали, що в результаті обстрілів граки можуть покинути вже існуючі колонії, або ж це може призвести до зниження чисельності особин в колонії чи зсуву термінів гніздового періоду або взагалі до його відсутності.

Проте в граків міста Чернігів ми нічого з вище перерахованого не зафіксували. Гніздовий період в них почався і тривав як і в попередні роки. Крім того нами виявлено два нових колоніальних поселень (№14, №15). Вони розмістилися на відносно близькій відстані до районів, що найбільше обстрілювались.

Щодо колоній, існуючих з 2019-2021 років, то в більшості з тих, що знаходяться поблизу районів обстрілів, ми спостерігали збільшення кількості гнізд. Це колонії №7, №8, №10. Незначне зменшення кількості гнізд – на 3 в кожній – зафіксували в колоніях №5 та №12.

Досить цікавим є зникнення периферійних частин колонії №8. Цілком ймовірно, що граки, які їх займали, перемістили свої гнізда, до так званого «центру» колонії – частина, з найбільшою кількістю гнізд. На це вказують 40 гнізд, які додалися за гніздовий період 2022 року. Причому нових зайнятих дерев лише 3, отже, граки будували нові гнізда на вже зайнятих іншими особинами деревах.

Висновки. За період спостережень за колоніями грака в м. Чернігові спостерігається збільшення кількості колоній та загальної чисельності популяції грака. Значного негативного впливу воєнних дій на чисельність гніздової популяції граків в м. Чернігів нами не зафіксовано. В 2022 році було зафіксовано збільшення кількості колоній. В колонії №7, №8, №10 які розташовувалися поблизу районів обстрілів зафіксовано збільшення кількості гнізд.

Бібліографія

1. Demarais, S., Tazik, D.J., Guertin, P.J., & Jorgensen, E.E. (1999). Disturbance associated with military exercises. In: *Ecosystems of Disturbed Ground*. Edited by L.R. Walker. Elsevier Science B.V., Amsterdam, NL. P. 385-396.
2. Dudley, J.P., Ginsberg, J.R., Plumptre, A.J., Hart, J.A., & Campos, L. (2002). Effects of War and Civil Strife on Wildlife and Wildlife Habitats. *Conservation Biology*, 16(2), 319-329. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00306.x>.
3. Leitenberg M. (2006). *Deaths in Wars and Conflicts in the 20th Century*, 3rd ed. Available from the Cornell University Peace Studies Program, Ithaca, NY, USA. 2006. ISSN 1075-4857.
4. Machlis, G.E., & Hanson, T. (2008). Warfare ecology. *BioScience*, 58(8), 729-736.
5. Pedersen D. (2002). Political violence, ethnic conflict, and contemporary wars: broad implications for health and social well-being. *Social science & medicine* (1982), 55(2), 175–190. [https://doi.org/10.1016/s0277-9536\(01\)00261-1](https://doi.org/10.1016/s0277-9536(01)00261-1).
6. Sarkees, M.R., Wayman, F.W., & Singer, J.D. (2003). Inter-state, intra-state, and extra-state wars: a comprehensive look at their distribution over time, 1816-1997. *International Studies Quarterly*, 47(1), 49-70. <https://doi.org/10.1111/1468-2478.4701003>.

7. Warren, S.D., & Büttner, R. (2006). *Documentation of disturbance-dependent threatened and endangered species on US Army–Europe training areas in Bavaria*. Available from the Center for Environmental Management of Military Lands, Fort Collins, CO, USA. 2006. CEMML TPS, 06-05. 2006.
8. Westing A.H. (1971). Ecological effects of military defoliation on the forests of South Vietnam. *BioScience*, 21(17), 893-898.
9. Westing A.H. (1980). *Warfare in a fragile world: military impact on the human environment*. Taylor & Francis, London, UK.

Віктор Яковчук, Анатолій Цвігун, Іван Тимофійшин
М'ЯСНА ПРОДУКТИВНІСТЬ БАРАНЧИКІВ АСКАНІЙСЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ
ПРИ НАГУЛІ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Інститут тваринництва степових районів імені М. Ф. Іванова «Асканія-Нова»
– Національний науковий селекційно-генетичний центр з вівчарства, Україна
E-mail: ascitsr_zavlabtechnolog@ukr.net; agroargument2@ukr.net;
tymivan@gmail.com

Ключові слова: *вміст внутрішнього м'язового жиру, забійний вихід, забійна маса, молодняк овець, хімічний склад баранини*

Вступ. Сільське господарство вразливе до зміни клімату через зміни в екосистемах, зниження продуктивності сільськогосподарських культур. При підвищенні температури на 1°C природні зони зсуваються приблизно на 160 км. З 1998 до 2008 року середня температура в Україні підвищилася на 0,6°C (а за останні 100 років – на 0,8°C). Зараз в Україні посухи, що охоплюють до 30 % території країни, відбуваються кожні 2-3 роки. Очікується, що до 2070 року частота посух зросте, щонайменше, вдвічі. Науковці вважають, якщо така тенденція збережеться, то залишиться одна посушлива кліматична зона, схожа на нинішній степ [7]. Через це значна частина сільськогосподарських земель буде придатна, у кращому випадку, лише під пасовища для тварин. А з сільськогосподарських тварин найбільш пластичними до використання на пасовищах, в умовах спекотного клімату, є вівці.

Розведення овець півдня України представлено генотипами різних напрямів продуктивності: асканійська тонкорунна, асканійська м'ясо-вовнова з кросбредною вовною та асканійська каракульська породи [2]. Високі показники їх продуктивності та відтворення свідчать про високу адаптаційну здатність до агрометеорологічних умов, зокрема:

- асканійська тонкорунна порода: багатоплідність вівцематок – 130–150%; жива маса баранів – 115–130 кг, вівцематок – 60,0–65,0 кг; настриг митої вовни у баранів – 7–9 кг, у вівцематок – 3,2–4,0 кг; довжина вовни 12–14 см; вихід чистого волокна – 51–56 %;

- асканійська м'ясо-вовнова порода овець з кросбредною вовною: багатоплідність вівцематок – 140–150%; жива маса баранів – 120–130 кг, вівцематок – 70–75 кг; довжина вовни – 15–17 см; настриг чистої вовни – 3,5–4,5 кг; вихід чистого волокна – 65–68%; виробництво м'яса на вівцематку – 55–60 кг;

- асканійська каракульська порода овець: багатоплідність вівцематок – 140–160%; жива маса баранів-плідників – 89–96 кг, вівцематок – 53–57 кг, ягнят при народженні: одинаків – 4,5–5,0 кг, двійневих – 3,5–4,0, трійневих – 3,0–3,5 кг; вихід смушків перших сортів 71–93% [1, 2].

Оскільки овець розводять заради одержання м'яса, вивчення продуктів забою за кількісними та якісними показниками представляє особливо велику цінність [5, 9, 10]. Молодняк овець асканійської селекції при інтенсивній відгодівлі дає туші з добрим розвитком м'язової тканини та ступенем жировідкладення. При нагулі ягнят показники молодого баранини можуть бути дещо іншими. Вивчанню цього питання і присвячена дана публікація.

Метою дослідження було провести оцінку м'ясної продуктивності баранчиків асканійської селекції після їх нагулу на спеціально створеному культурному пасовищі в умовах півдня України.

Матеріали та методи. В умовах фізіологічного двору Інституту тваринництва «Асканія-Нова» було проведено дослідження щодо визначення адаптаційної здатності молодняку овець різних порід за екстремальних умов півдня України. Після відлучення ягнят було сформовано три групи баранчиків по 10 голів у кожній: асканійська тонкорунна порода (АТ); асканійська м'ясововнова порода (АМВ); асканійська каракульська порода чорного забарвлення (АК). Тварини утримувалися кожна група нарізно, а випасалися разом. Годівля здійснювалася у відповідності до прийнятих норм живлення овець [6, 8]. Випасання молодняку овець було загінно-порціонним за допомогою переносної огорожі. Для цього на фізіологічному дворі ІТ «Асканія-Нова» було створено багаторічне пасовище з використанням культур: Еспарцет + Стоколос "Скіф" + Ламкоколосник ситниковий + Житняк ширококолосний [3].

Живу масу ягнят визначали шляхом індивідуального зважування кожні два тижня. За досягнення 6,5-місячного віку проведено контрольний забій тварин (по 3 голови кожної породи), вивчено забійні і м'ясні якості їх за наступними показниками: забійна маса; забійний вихід; сортовий та морфологічний склад туш; розвиток тканин і частин тіла піддослідних тварин; хімічний склад м'яса; вміст внутрішньом'язового жиру; кількість жиру в тушах.

Біометричну обробку даних здійснювали за допомогою програмного забезпечення MS Excel з використанням статистичних функцій за алгоритмами М.О. Плохінського [4].

Результати і обговорення. Проведеними дослідженнями було встановлено, що жива маса баранчиків АТ при народженні становила $4,41 \pm 0,22$ кг, при відлученні від вівцематок – $18,5 \pm 0,67$ кг, при цьому абсолютний приріст склав $14,1 \pm 0,54$ кг, а середньодобовий приріст (СДП) – $188 \pm 11,0$ г. Жива маса тварин АМВ при народженні становила $5,23 \pm 0,2$ кг, при відлученні від вівцематок – $17,4 \pm 0,50$ кг, при цьому абсолютний приріст склав $12,2 \pm 0,46$ кг, а середньодобовий приріст – $162 \pm 8,9$ г. Жива маса тварин АК при народженні становила $4,91 \pm 0,28$ кг, при відлученні від вівцематок – $16,6 \pm 0,92$ кг, при цьому

абсолютний приріст склав $11,7 \pm 0,77$ кг, а середньодобовий приріст – $156 \pm 13,6$ г (табл. 1). Таким чином, за СДП у період підсису баранчики АТ переважали тварин АК породи на 20,5 %, а тварин АМВ породи на 16 % при $P < 0,95$.

Таблиця 1. Показники нагулу піддослідних тварин

Показник	Породи піддослідних баранчиків		
	АТ (n = 10)	АМВ (n = 10)	АК (n = 10)
Жива маса при народженні, кг	$4,41 \pm 0,22$	$5,23 \pm 0,24$	$4,91 \pm 0,28$
Жива маса у 2,5-місячному віці, кг	$18,50 \pm 0,67$	$17,4 \pm 0,50$	$16,6 \pm 0,92$
Абсолютний приріст, кг	$14,1 \pm 0,54$	$12,2 \pm 0,46$	$11,7 \pm 0,77$
Середньодобовий приріст, г	$188 \pm 11,02$	$162 \pm 8,94$	$156 \pm 13,59$
Жива маса у 6,5-місячному віці, кг	$41,0 \pm 1,04$	$39,9 \pm 0,53$	$35,4 \pm 1,01$
Абсолютний приріст за 2,5-6,5 міс., кг	$22,5 \pm 0,90$	$22,3 \pm 0,72$	$18,8 \pm 0,87$
Середньодобовий приріст, г	$187,5 \pm 7,43$	$185,8 \pm 6,15$	$156,7 \pm 7,10$

Період нагулу тривав 120 днів, тобто до досягнення 6,5-місячного віку. Жива маса баранчиків АТ у 6,5-місячному віці склала $41,0 \pm 1,04$ кг, при цьому абсолютний приріст за період з 2,5-6,5-міс. склав $22,5 \pm 0,90$ кг, а середньодобовий приріст – $187,5 \pm 7,43$ г. Жива маса тварин АМВ у 6,5-міс. віці становила $39,9 \pm 0,53$ кг, при цьому абсолютний приріст за 120 днів склав $22,3 \pm 0,72$ кг, а середньодобовий приріст – $185,8 \pm 6,15$ г. Жива маса тварин АК у кінці досліду становила $35,4 \pm 1,01$ кг, при цьому абсолютний приріст склав $18,8 \pm 0,87$ кг, а середньодобовий приріст – $156,7 \pm 7,1$ г. Таким чином, за абсолютним приростом баранчики АТ переважали тварин каракульської породи на 19,6% при $P > 0,99$.

Показники нагулу не дають повної характеристики, тому у 6,5-місячному віці було проведено контрольний забій піддослідних тварин.

За результатами контрольного забою встановлено, що кращими показниками забійних якостей відрізнялися баранчики асканійської тонкорунної породи (табл. 2). Баранчики асканійської селекції, за масою парної туші належали до першого класу. Тушки баранців були виповнені м'язами з чітко вираженим поливом жиру. При окомірній оцінці туш молодняка трьох порід відмічається добрий розвиток м'язів, остисті відростки спинних та поперекових хребців не виступали, підшкірний жир покривав тушу тонким шаром на крижах та попереку, у курдюку баранчиків каракульської породи були помірні жирові відкладення. Встановлено, що баранчики асканійської селекції мали масу парної туші: АТ – $17,5 \pm 0,27$ кг; АМВ – $16,9 \pm 0,23$ кг та АК – $15,2 \pm 0,33$ кг. При цьому забійна маса становила: АТ – $18,5 \pm 0,15$ кг; АМВ – $17,4 \pm 0,32$ кг та АК – $15,9 \pm 0,29$ кг. Забійний вихід складав у АТ – $44,9 \pm 1,04\%$; АМВ – $43,87 \pm 0,87\%$ та АК – $42,87 \pm 0,49\%$.

Після охолодження тушку було розрублено на вісім частин, що поділяються на три сорти. Морфологічний склад туші є одним з основних

показників, які відображають належність тварини до того або іншого напрямку продуктивності особини.

Таблиця 2. М'ясна продуктивність піддослідних баранців асканійської селекції у 6,5-міс. віці

Показник			Породи піддослідних баранчиків		
			АТ	АМВ	АК
Жива маса після голодної витримки, кг			41,17 ± 0,93	39,67 ± 0,17	37,0 ± 0,58
Маса парної туші, кг			17,53 ± 0,27	16,87 ± 0,23	15,23 ± 0,33
Всього внутрішнього жиру, кг			0,94 ± 0,13	0,54 ± 0,02	0,63 ± 0,07
Забійна маса, кг			18,47 ± 0,15	17,41 ± 0,32	15,86 ± 0,29
Забійний вихід, %			44,90 ± 1,04	43,87 ± 0,87	42,87 ± 0,49
Маса охолодженої туші, кг			16,9 ± 0,24	16,1 ± 0,21	14,6 ± 0,30
Морфологічний склад туші	М'язова тканина	кг	12,58 ± 0,07	11,79 ± 0,21	10,63 ± 0,19
		% до маси туші	74,4	73,2	72,8
	Кісткова тканина та сухожилля	кг	4,32 ± 0,26	4,31 ± 0,22	3,97 ± 0,14
		% до маси туші	25,6	26,8	27,2
Коефіцієнт м'ясності			2,91	2,74	2,68

Вихід м'язової тканини в тушах баранців 6,5-місячного віку АК, АМВ та АТ породи становив $10,6 \pm 0,19$ кг; $11,8 \pm 0,21$ кг та $12,6 \pm 0,07$ кг, при цьому коефіцієнт м'ясності склав 2,68; 2,74 і 2,91 відповідно. Базовими принципами, які покладені в основу схеми розрубу овечих туш, є виділення кращик за поживною цінністю частин для продажу населенню у натуральному вигляді і диференціюванню роздрібних цін з врахуванням якісної характеристики окремих її частин, а також обробка частин, що залишилися, у залежності від кулінарного призначення. Сортний склад туш наведено у таблиці 3.

Таблиця 3. Сортний склад туш піддослідних баранців

Показник	АТ	АМВ	АК
I сорт: м'ясо, кг	9,22 ± 0,01	8,70 ± 0,24	8,01 ± 0,26
кістки та сухожилля, кг	2,82 ± 0,19	2,76 ± 0,13	2,75 ± 0,06
всього I сорт, кг	12,04 ± 0,85	11,46 ± 0,11	10,76 ± 0,31
II сорт: м'ясо, кг	2,81 ± 0,02	2,46 ± 0,02	2,02 ± 0,24
кістки та сухожилля, кг	0,84 ± 0,03	0,89 ± 0,06	0,64 ± 0,07
всього II сорт, кг	3,65 ± 0,05	3,35 ± 0,08	2,66 ± 0,28
III сорт: м'ясо, кг	0,55 ± 0,05	0,63 ± 0,08	0,6 ± 0,03
кістки та сухожилля, кг	0,66 ± 0,04	0,66 ± 0,06	0,58 ± 0,02
всього III сорт, кг	1,21 ± 0,02	1,29 ± 0,14	1,18 ± 0,05
всього в туші: м'ясо, кг	12,58 ± 0,07	11,79 ± 0,21	10,63 ± 0,19
кісток та сухожилля, кг	4,32 ± 0,26	4,31 ± 0,22	3,97 ± 0,14
всього, кг	16,9 ± 0,24	16,1 ± 0,21	14,6 ± 0,30

Вихід I сорту в тушах баранців 6,5-місячного віку АК, АМВ та АТ породи становив $10,76 \pm 0,31$ кг; $11,46 \pm 0,11$ кг та $12,04 \pm 0,85$ кг, при цьому кількість м'язової тканини у відрубі I сорту становила $8,01 \pm 0,26$ кг; $8,70 \pm 0,24$ та $9,22 \pm 0,01$ відповідно.

Згідно з результатами багаточисельних досліджень, ступінь розвитку внутрішніх органів тісно пов'язаний з рядом господарсько-корисних ознак тварин, чим і визначається доцільність їх дослідження. Так, у тварин, які мають добре здоров'я, відмічається нормальний розвиток внутрішніх органів, які спричиняють свою безпосередню дію на формування міцної конституції і високий рівень продуктивності. Вивчення внутрішніх особливостей, що змінюються під дією паратипових факторів, дозволило отримати деяку уяву про закономірність зміни внутрішнього середовища організму. До найважливіших показників, що характеризують ці особливості, відноситься маса внутрішніх органів і їх співвідношення.

При проведенні контрольного забою баранчиків асканійської селекції зважувалися внутрішні органи, обчислювалися індекси до чистої живої маси тварин у процентах. Результати абсолютної маси та індекси внутрішніх органів піддослідних тварин наведено у таблиці 4.

Таблиця 4. Абсолютна маса та індекси внутрішніх органів піддослідних тварин

Показник		АТ	АМВ	АК
Чиста жива маса, кг		33,0	31,1	29,6
Кров	г	1467 ± 32	$1244 \pm 21,9$	$1514 \pm 126,2$
	%	4,45	4,20	4,87
Печінка	г	$682 \pm 14,3$	$495 \pm 36,5$	$654 \pm 51,8$
	%	2,07	1,67	2,10
Серце	г	$187 \pm 2,9$	$149 \pm 13,6$	$199 \pm 16,9$
	%	0,57	0,50	0,63
Нирки	г	$119 \pm 7,8$	$106 \pm 2,0$	$118 \pm 3,2$
	%	0,36	0,36	0,38
Селезінка	г	$70 \pm 6,0$	$45 \pm 0,6$	$76 \pm 4,9$
	%	0,21	0,15	0,24
Легені	г	$542 \pm 14,7$	$399 \pm 55,5$	$584 \pm 77,0$
	%	1,64	1,35	1,88
Трахея	г	$60 \pm 8,0$	$40 \pm 4,2$	$89 \pm 7,8$
	%	0,18	0,14	0,29

Результати наших досліджень свідчать, що як за абсолютною, так і за відносною масою внутрішніх органів піддослідних баранців спостерігалися певні відмінності, але вони були у межах фізіологічної норми.

На сьогоднішній день підвищуються вимоги не лише до кількісних показників м'ясної продукції, але і до її якості. Встановлено, що вміст білку у м'ясі баранчиків 6,5-місячного віку АК, АМВ та АТ порід становив: $17,6 \pm 0,18\%$; $17,5 \pm 0,03\%$ та $17,6 \pm 0,05\%$, при цьому вміст жиру був, відповідно: $17,1 \pm 0,74\%$; $14,6 \pm 0,82$ та $17,8 \pm 1,41$. Враховуючи, що оптимальним вважається співвідношення білка до жиру 1:1, то тварини асканійської каракульської породи та асканійської тонкорунної породи ідеально відповідали цим вимогам. Натомість м'ясо, отримане від баранчиків асканійської м'ясо-вовнової породи, було піснішим. Співвідношення білка до жиру у ньому склало – 1:0,8. Складовою частиною зростання якості м'яса тварин є збільшення внутрішньом'язового жиру. *Mus. longissimus dorsi* на розрізі у трьох груп баранчиків був з добре вираженими тонкими вкрапленнями жиру у м'язовій тканині, що нагадувало природній мрамуровий візерунок. У процесі готування їжі вкраплення жиру тануть, наповнюючи м'ясо соком, за рахунок чого воно набуває неповторної м'якості і ніжності. Встановлено, що вміст внутрішньом'язового жиру у баранчиків АК, АМВ та АТ порід був – $2,24 \pm 0,31\%$; $1,76 \pm 0,13\%$ та $2,25 \pm 0,20\%$, відповідно. Отримані дані свідчать про високі кількісні та якісні показники м'ясної продуктивності.

Висновки. Проведеними дослідженнями встановлено, що молодняк овець асканійської селекції після відлучення у 2,5-місячному віці і до 6,5-місячного віку (тривалість нагулу 120 днів) мав наступні середньодобові прирости: асканійська тонкорунна – 187,5 грам; асканійська м'ясо-вовнова – 185,8 г та асканійська каракульська – 156,7 г. Контрольний забій піддослідних тварин показав, що баранчики мали масу парної туші: АТ– 17,5 кг; АМВ – 16,9 кг та АК – 15,2 кг, при забійному виході, який складав у АТ – 44,9%; АМВ – 43,87% та АК – 42,87%. Таким чином, вівці асканійської селекції, які вже тривалий час розводяться у південному регіоні, є витривалими і адаптованими до спекотного клімату та можуть утримуватися на пасовищах для виробництва якісної молодшої баранини.

Бібліографія

1. Вдовиченко Ю.В., Іовенко В.М., Кудрик Н.А., Кононенко В.Г., Жарук П.Г., Жарук Л.В., Писаренко А.В., Гратилю О.Д., & Свістула М.М. (2019). Тваринництво та кормовиробництво півдня України в умовах теплового навантаження. *Науковий вісник "Асканія-Нова"*, 12, 6-23. <http://doi.org/10.33694/2617-0787-2019-1-12-6-23>.
2. Вдовиченко Ю.В. (2017). *Вівчарство України* / Ю. В. Вдовиченко, В. М. Іовенко, П. І. Польська та ін.; Київ : Аграрна наука, 488 с.
3. Гратилю О.Д., Сменов В.Ф., & Сменова Г.С. (2012). Пасовищний конвеєр в умовах суходолу півдня України. *Вісник аграрної науки*, (2), 25-28.
4. *Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві: посібник* / за ред. І. І. Ібатуліна, О. М. Жукорського. К.: Аграр. Наука, 2017. 328 с.
5. Похил В. І., Похил О.М., & Рожков В.В. (2021). М'ясна продуктивність овець та якість баранини. *Теорія і практика розвитку вівчарства України в умовах євроінтеграції: Матеріали V міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 100-річчю ДДАЕУ 1922-2022 (Дніпро, 20-21 трав. 2021 р.)*. Дніпровський ДАЕУ. Дніпро, С. 110-115. Режим доступу : <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/4787>.

6. Свистула М.М., Єфремов Д.В., Горб С.В., Гратилю О.Д., Петричук Л.І., Кубатко П.М., & Сидоров С.М. (2022). *Науково-практичні основи кормовиробництва та годівлі овець*: монографія. Під редакцією В.М. Іовенко, Херсон, с. 300.
7. Трипольська Г. (2020). *Прояви зміни клімату в Україні*
URL:<https://ua.boell.org/en/2020/06/09/yak-proyavyaetsya-zmina-klimatu-v-ukraini#top-of-page>
(дата звернення: 10.05.2024).
8. Цвігун А.Т. (2007). *Годівля сільськогосподарських тварин у таблицях* / А.Т. Цвігун, М.Г. Повозніков, С.М. Блюсюк, М.Н. Бахмат, В.П. Саєнко, Н.В. Кравець, В.І. Бучковська, С.В. Тимчак, І.М. Бідяк, В.Є. Харкавлук, Ю.М. Євсафієва; за ред. М.Г. Повознікова. – Видання 2-е, доповнене. Аксіома, 100 с.
9. Чернова Т.В., & Корбич Н.М. (2021). Характеристика ягнятини з урахуванням віку. *Матеріали II Всеукраїнської студентської інтернет-конференції «Актуальні питання харчової промисловості та перспективи розвитку галузі»*. – Херсон: ХДАЕУ, ВЦ «Колос». С. 12-15.
10. Яковчук В.С., & Столбуненко С.Г. (2021) Відгодівельні і м'ясні якості молодняка овець при промисловому схрещуванні. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*, 14, 249-263.
<https://doi.org/10.33694/2617-0787-2021-1-14-249-263>.

Natalia Admina, Oleksandr Admin

RELATIONSHIP BETWEEN FERTILIZATION DAIRY CATTLE WITH THE SEASON AND AIR TEMPERATURE

Livestock farming institute of NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

E-mail: natalyadm5@gmail.com; ae_admin@ukr.net

Keywords: *dairy cattle, fertilization, season of the year, air temperature, housing technology*

Introduction. On dairy farms, climatic conditions should be taken into account when choosing a strategy for breeding and inseminating cows [7]. Excessive environmental temperature and humidity can affect the productivity and fertility of dairy cows [1, 4, 5]. Research has shown that cows that have experienced heat stress have low fertility, resulting in a 20-30% decrease in the level and frequency of fertilisation in the herd [3]. Summer heat stress is the main cause of low fertility in dairy cows [9]. For dairy cows, the ambient temperature from -5°C to 25°C is known as the thermoneutral zone [2]. Australian scientists found that heat resistance has a favourable genetic correlation with fertility (0.29-0.39 in Holsteins and 0.15-0.27 in Jerseys), but unfavourable correlations for some other productive traits [4]. Heat stress is the main environmental factor responsible for low reproductive performance in cattle, especially during the summer season in many warm regions of the world. This global problem causes significant economic losses and affects about 60% of the world's cattle population [8].

Cows conceived in winter were found to have better subsequent reproduction, milk and fat production and survival compared to cows conceived in summer. These results demonstrated that heat stress during conception can alter epigenetic processes that may affect the early embryo [6].

In this context, the aim of the work is to determine the fertilisation of dairy cows and replacement heifers as a function of season.

Materials and methods. The work was carried out at SE EF Kutuzivka and PE Agroprogres of Kharkiv oblast and SE EF named after Dekabrists of Poltava oblast according to zootechnical records in the period 2015-2021. The first two farms are breeding farms for the Ukrainian black-and-white dairy breed, the third is for the Ayrshire breed. The yield per cow in the specified period was more than 6,000 kg of milk. In total, the results of 6,878 inseminations of heifers and 25,634 cows were analysed. The influence of season and air temperature on insemination of heifers and cows was determined.

Results and discussion. The distribution of the number of inseminations of heifers (Fig. 1) and their fertilisation rate (Fig. 2) by month of the year was considered.

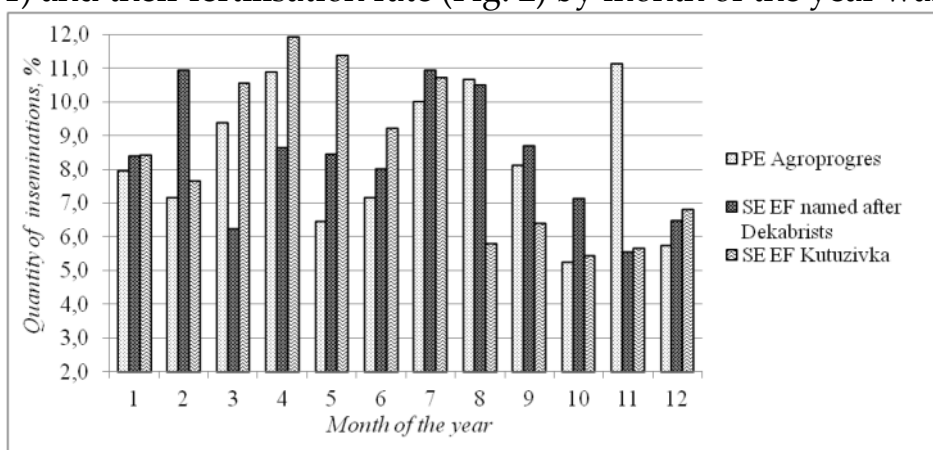


Fig. 1. Distribution of heifer insemination by months of the year, %

The highest number of heifer inseminations on PE Agroprogres were in April (10.9%) and November (11.1%), and the lowest in October (5.3%). On SE EF, named after Dekabrists, the highest number of inseminations (10.4%) was recorded in February and July, and in November the proportion of inseminations was only 5.5%. Heifers were more frequently inseminated in April (11.9%) and May (11.4%), while in October the proportion of inseminations fell to 5.4%. Taking all holdings as a whole, a trend towards more inseminations in spring and summer was observed. However, no clear dependency was found, which could be related to the seasonality of calving and the characteristics of rearing replacement heifers.

A more important indicator characterising reproduction is the fertilisation of heifers (Fig. 2).



Fig. 2. Fertilization of heifers by month of the year

The percentage of fertile inseminations of heifers in PE Agroprogres varied from $56 \pm 6.2\%$ in October to $92 \pm 2.8\%$ in June. Fertilisation of heifers in SE EF named after Dekabrists and SE EF Kutuzivka had less variability: from $47 \pm 3.8\%$ in February to $70 \pm 3.9\%$ in May in the first farm and from $46 \pm 2.3\%$ in May to $60 \pm 2.4\%$ in July in the second farm, respectively. The data obtained indicate that the same dependence of the fertilisation of heifers on the month of the year has not been established. The highest variability of this indicator is in PE Agroproges, and the lowest in SE EF Kutuzivka.

The "air temperature" factor is related to the month of the year and more precisely indicates the state of the environment at the time of insemination. In this context, the influence of the ambient temperature on the fertilisation of the heifers was studied (Table 1).

Table 1. Fertilization of heifers depending on the serial number of insemination

Insemination number	PE Agroprogres		SE EF named after Dekabrists		SE EF Kutuzivka	
	number of inseminations	share of fertile inseminations, %	number of inseminations	share of fertile inseminations, %	number of inseminations	share of fertile inseminations, %
1	987	79 ± 0.5	921	59 ± 0.8	2369	58 ± 0.5
2	177	61 ± 1.8	396	58 ± 1.2	918	53 ± 0.8
3	64	61 ± 3.0	155	48 ± 2.0	399	47 ± 1.2
4	22	64 ± 4.9	75	48 ± 2.9	174	45 ± 1.9
5	5	60 ± 10.7	37	54 ± 4.1	74	23 ± 2.1
6	-	-	13	54 ± 6.9	39	46 ± 4.0
7	-	-	5	20 ± 7.2	19	16 ± 3.1

The results of the analysis of variance show that the influence of the factor "household" on the fertilisation of heifers was 0.7%, the factor "air temperature" was 0.5% and the combined effect of these factors was 0.7% ($p < 0.001$). Differences between minimum and maximum fertilisation rates were likely. They were 30% in PE Agroprogres, 17% in SE EF named after Dekabrists and 11% in SE EF Kutuzivka. It should be noted that in the first two farms there was a tendency to increase the fertilisation rate of heifers at air temperatures above $+20$ °C. A similar trend was not observed in the Kutuzivka experimental farm.

Next, the influence of seasons on the fertilisation of cows was considered. The distribution of the number of inseminations of cows by months of the year is shown in Figure 3.

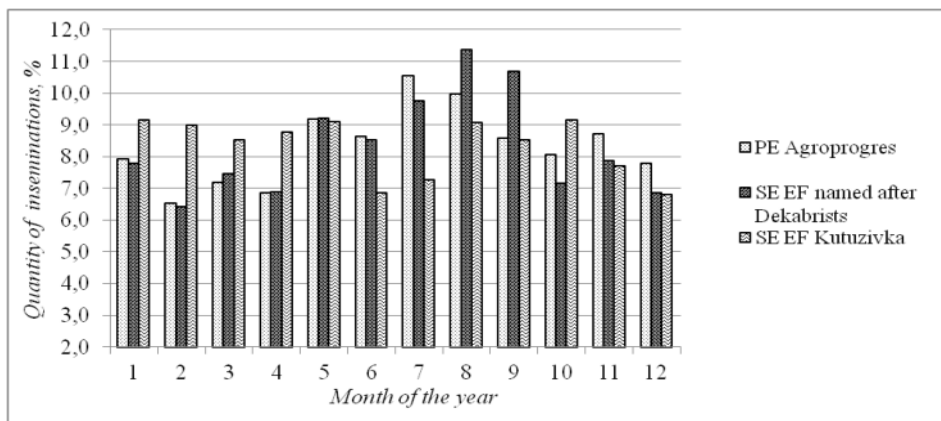


Fig. 3. Distribution of insemination of cows by months of the year, %

The highest number of cows inseminated in PE Agroprogres was in July (10.5%) and August (10.0%) and the lowest in February (6.5%). In SE EF, named after Dekabrists, more inseminations (10.4%) were carried out in August (11.4%) and only 6.4% in February. Heifers were inseminated more frequently in January and October (9.2%), and in June the proportion of inseminations decreased to 6.9% in SE EF Kutuzivka. In the first two farms, a tendency to increase the number of inseminations of cows in summer was observed, but no clear dependency was found. In SE EF Kutuzivka no such tendency was observed.

Fertilisation of cows by months of the year on the farms studied is shown in Figure 4.

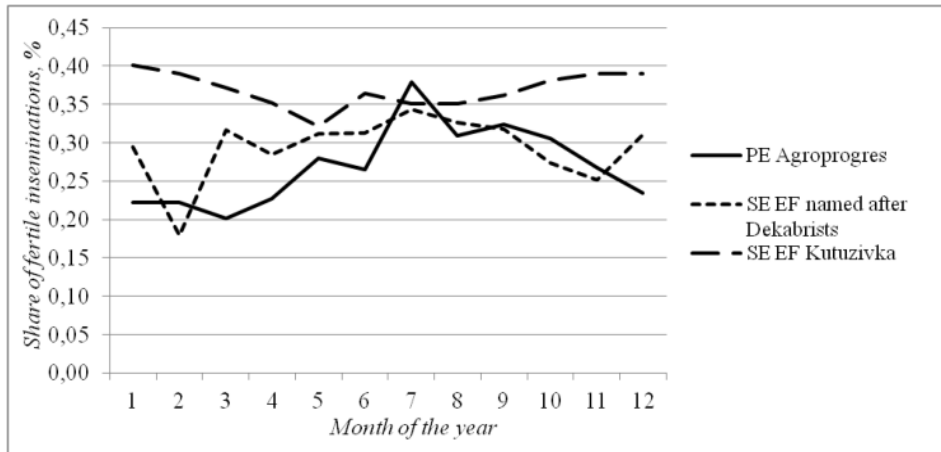


Fig. 4. Fertilization of cows by months of the year

The percentage of fertile inseminations of cows in PE Agroprogres varied from $20 \pm 0.6\%$ in March to $38 \pm 0.7\%$ in July, SE EF named after Dekabrists – from $18 \pm 0.8\%$ in February to $34 \pm 0.9\%$ in July, SE EF Kutuzivka – from $32 \pm 0.7\%$ in May to $40 \pm 0.7\%$ in January. The differences between the minimum and maximum values of cow fertilisation were significant ($p < 0.001$) and were 18%, 16% and 8%, respectively. They indicate a higher variability of fertilisation in the first farm and the lowest in the third farm. Thus, according to the graphs, in the first farm (tethered housing) there was a clear tendency to increase the fertilisation of the cows during the period of summer

housing, in the second farm this tendency is almost imperceptible and in the third farm (year-round free housing with grazing) the opposite is the case.

The results of the study of the influence of the ambient temperature on the fertilisation of cows are shown in Table 2.

Table 2. Fertilisation of cows at different air temperatures

Air temperature, °C	PE Agroprogres		SE EF named after Dekabrists		SE EF Kutuzivka	
	number of inseminations	share of fertile inseminations, %	number of inseminations	share of fertile inseminations, %	number of inseminations	share of fertile inseminations, %
< -10	96	16 ± 1.3	57	25 ± 2.5	110	37 ± 2.2
-10 – -1	1205	23 ± 0.5	663	27 ± 0.8	1367	39 ± 0.6
0 – +9	2373	24 ± 0.4	1284	28 ± 0.6	2814	39 ± 0.4
+10 – +19	2356	29 ± 0.4	1518	28 ± 0.51	2302	36 ± 0.5
+20 – +29	2752	32 ± 0.4	1811	32 ± 0.5	2765	35 ± 0.4
> +29	914	29 ± 0.7	476	36 ± 1.0	737	37 ± 0.9

Differences between the minimum and maximum fertilisation rates at different air temperatures were probable in PE Agroprogres – 16%, in SE EF named after Dekabrists – 13%. At the same time, these differences were only 2% in SE EF Kutuzivka and were unlikely. It should be noted that in the first two farms cows were characterised by the lowest fertilisation at the temperature below -10°C, and a trend of its increase with the increase of air temperature above 20°C was observed. A similar trend was not observed in SE EF Kutuzivka.

Summer heat stress is the main cause of low fertilisation in dairy cows [9]. Lactating dairy cows prefer an ambient temperature of -5°C to 25°C, known as the thermoneutral zone [2]. It should be noted that at PE Agroprogres and SE EF, named after Dekabrists, the lowest fertilisation of cows was at a temperature below -10°C, and there was a tendency to increase it with an increase in air temperature above 20°C. According to our data, in PE Agroprogres (tethered housing) there is a clear tendency to increase the fertilisation rate of cows during the period of summer storage, in SE EF named after Dekabrists this trend is almost imperceptible, and in SE EF Kutuzivka (year-round free housing with feeding on pastures) it is the opposite.

Conclusions. 1. It was found that the nature and strength of the influence of the season and air temperature on the fertilisation of replacement heifers and cows depends on the technology of their housing.

2. It was outlined that in PE Agroprogres and in SE EF named after Dekabrists observed a tendency to increase fertilisation of heifers at air temperature above +20°C, and the lowest fertilisation was characterised by cows in PE Agroprogres and in SE

EF named after Dekabrists at temperatures below -10°C and a tendency of its increase with an increase in air temperature above 20°C was observed.

References

1. Cartwright, S.L., Schmied, J., Karrow, N., & Mallard, B.A. (2023). Impact of heat stress on dairy cattle and selection strategies for thermotolerance: a review. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1198697>.
2. De Rensis, F., Garcia-Ispuerto, I., & López-Gatius, F. (2015). Seasonal heat stress: clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. *Theriogenology*, 84, 659–666. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.04.021>.
3. De Rensis, F., Lopez-Gatius, F., García-Ispuerto, I., Morini, G., & Scaramuzzi, R.J. (2017). Causes of declining fertility in dairy cows during the warm season. *Theriogenology*, 91, 145-153. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.12.024>.
4. Nguyen, T.T.T., Bowman, P.J., Haile-Mariam, M., Pryce, J.E., & Hayes, B.J. (2016). Genomic selection for tolerance to heat stress in Australian dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2849-2862. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9685>.
5. Polsky, L., & von Keyserlingk M.A.G. (2017). Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 8645–8657. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>.
6. Pinedo, P.J., & De Vries, A. (2017). Season of conception is associated with future survival, fertility, and milk yield of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100(8), 6631-6639. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12662>.
7. Schüller, L.K., Burfeind, O., & Heuwieser, W. (2016). Effect of short- and long-term heat stress on the conception risk of dairy cows under natural service and artificial insemination breeding programs. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2996-3002. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10080>.
8. Schüller, L.K., Michaelis, I., & Heuwieser, W. (2017). Impact of heat stress on estrus expression and follicle size in estrus under field conditions in dairy cows. *Theriogenology*, 102, 48-53. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.07.0>.
9. Wolfenson, D., & Roth, Z. (2019). Impact of heat stress on cow reproduction and fertility. *Animal Frontiers*, 9(1), 32-38. <https://doi.org/10.1093/af/vfy027>.

Igor Goncharenko

PROSPECTS OF USE OF BUFFALO BREED BULGARIAN MURRAH IN UKRAINE

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

E-mail: igorgoncharenko2711@gmail.com

Keywords: *Buffaloes, Bulgarian Murrah, buffalo breeding in Ukrainian*

Introduction. The use of buffaloes in Bulgaria has its origins in their economic activities. Since the beginning of the twentieth century, buffaloes have been used for agricultural work, especially as a source of meat, and as draught animals: they have a speed of 3 km/h and can pull a load of 900-1500 kg. According to A. Agabeyli, the number of buffaloes in Bulgaria at the beginning of the twentieth century was 500 thousand.

During the Soviet period, Ukraine did not give due importance to the prospects of using these animals in agriculture, they were not even separated from the cattle population. There was also no special standard or wholesale price for buffalo products. These problems were not solved in independent Ukraine. Today, we can

observe the irrational use of very powerful cattle on farms of different ownership, the lack of a proper buffalo register and common standards for their valuation in Ukraine.

An excellent example of the use of buffalo is their selection and breeding in Bulgaria. In 1962, Bulgarian breeders asked themselves how they could further improve the efficiency of these animals, particularly their milk production. The solution was to import Indian sires of the high-yielding Murrah breed. This was the beginning of the creation of a new dairy breed, the Bulgarian Murrah. Breeding of the Bulgarian Murrah was coordinated under the scientific guidance of the Buffalo Research Institute in Shumen and the National Centre for Animal Breeding. In order to optimise the genetic improvement of the Bulgarian buffalo population and to increase milk production, selectors have developed measures and programmes for the improvement of the Bulgarian buffalo and introduced artificial insemination. As a result of these measures, the native Bulgarian buffalo type has evolved into the milking type of the Murrah buffalo. Today, 80% of the buffaloes in Bulgaria belong to this breed and most of the animals are reared on individual farms. What are the advantages of Murrah buffalo breeding and what should we implement in Ukrainian agriculture today?

Results and discussion. The Murrah buffalo is a large animal with a live weight of 800-950 kg for males and 500-780 kg for females (see picture). The gestation period is 290-340 days. The average age at first calving is between 32 and 40 months. The interval between calvings ranges from 436 to 505 days, depending on genotype, feeding and housing conditions.

Under satisfactory feeding and housing conditions, buffaloes are inseminated at 17-20 months, although under optimum conditions economic maturity occurs at 10-12 months. The animals are long-lived – some live to 60 years, and a buffalo can mate and give birth to viable offspring at 45-55 years of age, although they are kept until 25-30 years of age. Murrah buffaloes have well-developed, rounded udders, making them well suited to machine milking. Further evidence of the high genetic potential of Bulgarian Murrah buffaloes for high quality milk production is that many buffaloes have milk yields in excess of 2500-3000 kg, and some of them produce more than 4500 kg of milk per lactation. The highest milk yields were obtained from F2 crosses - 5349 kg of milk with a fat content of 6.64% for 305 days of lactation.

At the same time, the milk productivity of other buffalo breeds used in Ukraine is lower, about 1500 litres of milk per 270-280 days of lactation, so Murrah buffaloes are more productive for dairy products. It should be noted that the production of buffalo milk is cheaper than cow's milk.

On average it contains 7-8% fat (6.5-10.5) and 4.3-5.1% protein, up to 23% dry matter and up to 5.1% lactose. Buffalo milk is homogenised abroad to improve its quality and taste, and fermented milk products such as mazzoni, cream, butter and mozzarella cheese have an excellent taste and are in great demand in the area where they are reared, and can therefore become a very important attribute of the Ukrainian export market.



Fig. Buffaloes of the Bulgarian Murrah breed in the indoor and outdoor environment.

The main source of buffalo meat is bulls. Studies on the growth characteristics of young buffaloes show significant differences compared to conventional cattle. The

average daily weight gain of young buffaloes is 650-1083 g. The most effective slaughter weight is recognised as a live weight of 400 kg.

Murrah buffalo meat is used to produce excellent raw dried products that mature 10-11 days faster than other cattle meat.

Another advantage of the Murrah buffalo is its digestive system, which is much larger than that of other cattle (the length of the intestine is 31 times the length of the body). Most nutrient absorption in Murrah buffalo occurs in the small intestine (55.8-62.5%), indicating high feed digestibility. They usually consume cheap, coarse fodder such as fern, quinoa, nettle, burdock, sedge, ordinary maize stalks without preparation for feeding, cereal and legume straw, branch fodder and fodder from swamp vegetation. During the summer, buffalo graze mainly on forage and are occasionally fed by their owners.

The development of buffalo farming is therefore extremely promising for Ukrainian agriculture. The prospects are particularly good for the dairy industry: Murrah buffaloes have better milk yields than other buffalo breeds. Buffaloes are fairly hardy and have low feed consumption. They are highly resistant to blood borne diseases. They have satisfactory slaughter qualities – 48-55% meat yield. Indicators of fat, protein and dry matter content in buffalo milk show us that it can become the basic food for children and the production of food products of high biological quality, which are highly valued abroad. The meat productivity of the Murrah buffalo is also quite high. We have an excellent example of the use of this breed of buffalo in Bulgaria, which gives us the right to repeat its success and adapt it to the realities of the Ukrainian agricultural market.

Conclusions. All these advantages can be used to improve the level of the export market, which will also have a positive impact on Ukraine's economic potential. To achieve this, a number of changes should be made. In particular, it is necessary to create scientific and production breeding and genetic state associations for buffalo breeding in Ukraine, to separate buffaloes from the cattle population into a separate group, to set a standard and a wholesale price for buffalo products. In addition, it is necessary to create special programmes for the preservation of the buffalo gene pool, with the allocation of appropriate state funds and the attraction of foreign investment. The prospects for using the Bulgarian Murrah buffalo in Ukraine are very good, but only if the right steps are taken. Otherwise, unfortunately, we can expect the gradual extinction of the buffalo in Ukraine, and with it the potential to improve the condition of a rather important part of our agricultural industry.

References

1. Гузеев, Ю.В., Гончаренко, И.В., & Винничук, Д.Т. (2016). Современное развитие буйволводства: цифры и факты. *Вісник Сумського НАУ. Серія "Тваринництво"*, 7(30), 62-69.
2. Гузеев, Ю.В., Гончаренко, И.В., & Винничук, Д.Т. (2014). Перспективи розвитку буйволводства у світі та в Україні. *Зоотехнічна наука: історія, проблеми, перспективи: Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 110-й річниці від дня народження доктора с.-г. наук, професора І.І. Задерія (21-23 травня 2014 р., Кам'янець-Подільський. – С. 12-14.*

3. Гузеєв, Ю.В., Сокурєнко, О.І., & Демчук, М.П. (2001). Генoфонд буйволів України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування*, 160(1), 291-294.
4. Породата "Българска Мурра" (болг.). Асоциацията на биволовџдите в България.
5. Цонка Пеева (2011). Българска мурра. Породи селскостопански животни в България. 216 с.

Oleksandra Hranat, Nataliia Bogdanova, Vasyl Turunskiy

THE BEHAVIOUR OF GOATS OF DIFFERENT BREEDS DEPENDING ON THE TEMPERATURE-HUMIDITY INDEX

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Heroiv Oborony St. 15, Kyiv, 03041, Ukraine*

E-mail: alexandra.granat@gmail.com; bogdanova212@nubip.edu.ua; turinskij@nubip.edu.ua

Keywords: temperature, environment, goats, behaviour, rumination

Introduction. The success of modern industrial farms depends largely on considering and creating comfortable conditions for the animals. In specialist farms, animal husbandry methods and systems are changing significantly. Individual animal care is decreasing and the use of machinery is increasing. All this requires a thorough study of the behaviour of farm animals [2, 5, 6], including goats [3, 7, 9, 10]. The temperature regime is one of the most critical factors influencing animals, as it affects the thermoregulation of the body and the productivity of goats in general. In this regard, the aim of the work is to analyse the activity indicators of goats of different breeds and to identify the relationship between the animals' behavioural responses and changes in the temperature regime of the room. Observations were made every 6 hours, for one hour, three times a day.

Materials and methods. The study was conducted in 2023 on the livestock of Zaanensky (male goats, n = 7, dairy goats, n = 14) and Alpine (male goats, n = 7, dairy goats, n = 14) goat breeds under the conditions of the farm "Tatiana-2011" in the Kyiv region. The experimental groups were formed according to the animals' age, live weight and productivity. All animals were kept in the same conditions and fed the same type of feed. Two methods were used to carry out the planned research. The first is the time sampling method [1]. Observations were made every 6 hours, for one hour, three times a day. The second method is the recording of individual behavioural expressions of the goats [1]. Only instances of necessary motor activity or behaviour were recorded during observation. We analysed the activity of the goats in relation to changes in the temperature-humidity index (THI). THI categories were defined according to Hahn et al [4]. The intensity of goat movement was calculated as the ratio between the rate of movement in the paddock and the sum of animal activity indicators per day. The mean values (M) by group and their limits, the statistical error of the mean ($\pm m$) and the value of the correlation coefficients (r) were determined as indicators of the relationship between the behavioural responses of the goats and changes in the temperature regime of the room.

Results and discussion. During the research, the following safety categories were considered according to the THI indicators: optimal – up to 74%; warning – 75-78; dangerous – 79-83; extremely dangerous – more than 84%. It was found that at THI values of 69-74%, the intensity of animal movement was high, but as the THI increased to 81%, activity decreased sharply. After a prolonged stay in THI 75-81% conditions, it is quite difficult for goats to return to normal activity levels. According to Reshma et al. [8], animals under stress reduce metabolic activity, especially rumen activity. Therefore, the frequency of feed intake is essential when assessing the behaviour of goats at different temperatures. Animals in the comfort zone (THI = 69-74%) showed a moderate and weak approach to the feed fence. At THI 75-81%, goats showed interest in the feed table but did not consume feed. Animal rest is positively correlated with indicators such as THI, $r =$ from +0.40 (Zaanen) to +0.49 (Alpine); movement in the pen, $r =$ +0.62 and +0.66; approach to the feed table, $r =$ +0.32 and +0.31; and urination, $r =$ +0.16 and +0.12. The frequency of resting was greatly increased at THI 76-81%. After normalisation of THI, an increased frequency of resting was also observed in the animals, which may be a consequence of heat stress. At optimal THI (up to 74%), the frequency of resting in goats decreased over a long period. A positive, statistically unreliable correlation was found between THI and movement in the paddock, $r =$ from +0.19 (Zaanensky) to +0.39 (Alpine). Animal movement in the pen correlated positively with feed intake, $r =$ from +0.30 (Zaanen) to +0.34 (Alpine), and negatively with animal chewing, $r =$ from -0.23 (Alpine) to -0.68 (Zaanen).

Conclusions. It was found that Zaanen goats under the conditions of the "Tatiana-2011" farm are more dependent on THI than Alpine goats. Zaanen goats respond to an increase in THI with an increase in activity and the frequency of position changes, and to a normalisation of THI with a general calming (prolongation of resting time and reduction of movement in the pen). The results of the study should be taken into account when regulating the microclimate in the yards of dairy goats and male goats. In order to better understand the behavioural algorithm of dairy goats under intensive technology conditions, similar studies are recommended in the future, with an increase in the number of experimental animals and the duration of observation.

References

1. Данчук, В., Приступа, Т., Ключук, М., & Данчук, О. (2020). Методи вивчення рухової активності у тварин. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*, 97, 94-107. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2020.97.11>.
2. Недосеков, В.В., & Петькун, Г.В. (2021). Благополуччя тварин молочного стада. *Наукові доповіді НУБіП України*, 4(92). <https://www.doi.org/dopovidi2021.04.011>.
3. Чумак, С. В., Чумак, В. О., & Горчанок, А. В. (2021). Зміни складу козиного молока за теплового стресу в умовах господарства степової зони України. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 9(2), 74–81. <https://doi.org/10.32819/2021.92011>.

4. Hahn, G.L., Gaughan, J.B., Mader, T.L. & Eigenberg, R.A. (2009). Chapter 5: Thermal indices and their applications for livestock environments. In: DeShazer J.A. (ed.) *Livestock Energetics and Thermal Environment Management*. ASABE, MI, USA, 113–130. <https://doi.org/10.13031/2013.28298>.
5. Hörtenhuber, S.J., Schauburger, G., Mikovits, C., Schönhart, M., Baumgartner, J., Niebuhr, K, ... & Zollitsch, W. (2020). The Effect of Climate Change-Induced Temperature Increase on Performance and Environmental Impact of Intensive Pig Production Systems. *Sustainability*, 12(22), 9442. <https://doi.org/10.3390/su12229442>.
6. Mylostyvyi, R. V., Izhboldina, O. O., Kalinichenko O. O., Orishchuk, O. S., Pishchan, I. S., Khramkova, O. M., Kapshuk, N. O., Skliarov, P. M., Sejian, V., & Hoffmann, G. (2021). Seasonal effect on milk productivity and cases of mastitis in Ukrainian Brown Swiss Cows. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 9(2), 66-73. <https://doi.org/10.32819/2021.92011>.
7. Neave, HW., & Zobel, G. (2020). Personality of dairy goats affects competitive feeding behaviour at different feeder heights, *Small Ruminant Research*, 192, 106222. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106222>.
8. Nair, M. R. R., Sejian, V., Silpa, M. V., Fonsêca, V. F. C., de Melo Costa, C. C., Devaraj, C., Krishnan, G., Bagath, M., Nameer, P. O., & Bhatta, R. (2021). Goat as the ideal climate-resilient animal model in tropical environment: revisiting advantages over other livestock species. *International journal of biometeorology*, 65(12), 2229–2240. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02179-w>
9. Yamani, H.A., & Koluman, N. (2020). Impact Change Climate on the Milk Production in the Dairy Goats. *International Journal of Zoology and Animal Biology*, 3(3), 1-5. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3623856>.
10. Mesut, Y., Daş, G., Lambertz, C. & Gauly M. (2019). Feeding, resting and agonistic behavior of pregnant Boer goats in relation to feeding space allowance. *Annals of Animal Science*, 19(4), 1133–1142. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0038>.

Bohdan Liashenko, Nataliia Sorokina

**DIAGNOSIS OF FELINE LEUKEMIA VIRUS (FELV) USING EXPRESS TESTS
AND REAL-TIME PCR**

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 03127, Vystavkova str.
16, building 12, Kyiv, Ukraine*

E-mail: liashenko.bgdn@gmail.com, nsorokina26@gmail.com

Keywords: *feline leukemia virus, Felv, abortive form, progressive form, regressive form*

Introduction. Feline leukaemia virus (Felv) is a widespread infectious disease throughout the world, with varying prevalence in different geographical regions and animal populations. This retrovirus is associated with various diseases of erythroid, myeloid and lymphoid cells, including proliferative, degenerative and cancerous diseases. Transmission of the virus is mainly by salivary contact due to close interaction. Co-housing, using the same vessel for food and water, and aggressive behaviour can be factors in the transmission of infection. Felv infection may develop, remit or be intermittent depending on the age, health and immune status of the cat [4, 5].

Virus shedding is the gold standard for diagnosing FELV infection. However, this method is time-consuming and impractical for clinical use [1]. There are several ways to diagnose this infection. For example, immunochromatography tests can be used to detect antibodies to structural proteins. The same tests can be used to detect

Felv antigens. Alternatively, polymerase chain reaction (PCR) tests can be used. When the proviral DNA is used together with the detection of a viral antigen, it allows the different results of the infection to be interpreted [3].

The pathogenesis of Felv infection is determined by the host's immune response. The effect of Felv on the body can have different consequences depending on the effectiveness of the immune response. It can be complete elimination of the virus by a strong immune response ("abortive infection"), partial elimination of the virus but with its integration into cells ("regressive infection"), or prolonged viremia and integration of the virus into the cell ("progressive infection"). To distinguish between these outcomes, it is necessary to use antigen testing, polymerase chain reaction (PCR) and the measurement of antibodies to Felv. Progressive infection is considered to have the most negative prognosis [4].

Cats with persistent viremia usually have positive results on ELISA and PCR. In a regressive form, only a provirus is found in the host cells, giving a positive result on PCR. In abortive infection, despite natural infection, the only sign is the production of antibodies against Felv [2].

Materials and methods. The study was conducted at the Veterinary Clinic "Zoolux" and the Laboratory of the Department of Epizootics, Microbiology and Virology from 01.10.2023 to 01.05.2024. Cats suspected of having Felv were included in the study (17 animals). Cats (n = 17) were tested for the presence of Felv viral antigen in serum using Vet Expert FIV AB/Felv Ag or Bionote Antigen Rapid FIV/Felv AG test kit and real-time PCR using EASSIUM EASORA Felv Assayfeline Leukemia Virus to detect viral nucleic acids in the blood of diseased cats.

Results and discussion. As a result of the studies, it was found that 17 months had been suspected of Felv for 7 months. Out of 17 cats, 1 animal had positive results of express test and PCR, 5 animals had a positive result of PCR analysis and 11 animals had negative results of both rapid test and PCR. According to the results of the research, the cats were divided into three groups: the first group - cats with progressive form of Felv (n = 1), the second group - cats with regressive form of Felv (n = 5), the third group - cats with abortive Felv (n = 11). In our practice, in the absence of the possibility to detect antibodies to the virus in the blood of cats, the infection was classified as abortive on the basis of contact with Felv-positive animals, on clinical grounds, as well as on the basis of the results of a general blood test. According to the distribution, in 65% of cases negative results were obtained in both tests, which can indicate both the absence of infection and its abortive form. In this case, it is impossible to consider only the results of the laboratory test and it is necessary to use a comprehensive method of diagnosis of Felv.

Conclusions. The results of the researches conducted on the basis of the veterinary clinic "Zoolux" and the laboratory of the Department of Epizootics, Microbiology and Virology from 01.10.2023 to 01.05.2024 indicate the detection of feline leukaemia (Felv) in the animal population. Laboratory methods such as polymerase chain reaction (PCR) and viral antigen express tests have been used to

diagnose FeLV. The use of these two methods can improve the prognosis of cats infected with FeLV, but their use without the use of a comprehensive diagnostic method can lead to a distortion of the prognosis as well as to an incorrect diagnosis. As a result of the studies carried out, both the rapid antigen test and the PCR test gave negative results in 65% of cases, which can be interpreted as an abortive form of feline leukaemia and the absence of infection.

References

1. Krecic, M.R., Velineni, S., Meeus, P., Fan, H., & Loenser, M. (2018). Diagnostic performances of two rapid tests for detection of feline leukemia virus antigen in sera of experimentally feline leukemia virus-infected cats. *JFMS open reports*, 4(1), 2055116917748117. <https://doi.org/10.1177/2055116917748117>.
2. Hartmann K. (2017). Regressive and progressive feline leukemia virus infections – clinical relevance and implications for prevention and treatment. *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, 47, 109–112.
3. Biezus, G., Grima de Cristo, T., da Silva Casa, M., Lovatel, M., Vavassori, M., Brüggemann de Souza Teixeira, M., Miletti, L. C., Maciel da Costa, U., & Assis Casagrande, R. (2023). Progressive and regressive infection with feline leukemia virus (FeLV) in cats in southern Brazil: Prevalence, risk factors associated, clinical and hematologic alterations. *Preventive veterinary medicine*, 216, 105945. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2023.105945>.
4. Westman, M., Norris, J., Malik, R., Hofmann-Lehmann, R., Harvey, A., McLuckie, A., Perkins, M., Schofield, D., Marcus, A., McDonald, M., Ward, M., Hall, E., Sheehy, P., & Hosie, M. (2019). The Diagnosis of Feline Leukaemia Virus (FeLV) Infection in Owned and Group-Housed Rescue Cats in Australia. *Viruses*, 11(6), 503. <https://doi.org/10.3390/v11060503>.
5. Galdo Novo, S., Bucafusco, D., Diaz, L. M., & Bratanich, A.C. (2016). Viral diagnostic criteria for Feline immunodeficiency virus and Feline leukemia virus infections in domestic cats from Buenos Aires, Argentina. *Revista Argentina de microbiologia*, 48(4), 293–297. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.07.003>.

Ruslan Liubchykov

AQUATIC ANIMALS AND PLANTS AS INDICATORS OF THE INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF POLLUTION OF WATER

T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,

14017, Hetmana Polubotka str., 53, Chernihiv, Ukraine

E-mail: mekhedolga@gmail.com

Keywords: *aquatic animals, aquatic plants, indicators, influence of different types of pollution*

Introduction. The study of different types of pollution and their effects on molluscs is key to understanding the ecological sustainability of aquatic ecosystems. Molluscs are sensitive indicators of pollution, indicating the diversity and intensity of ecological problems in aquatic biotopes. Identifying the negative effects of chemical, biological and radiation pollution on molluscs can lead to the development of effective strategies for the protection and restoration of aquatic ecosystems. As molluscs play an important ecological role in aquatic environments, their study helps to preserve biodiversity and maintain ecological balance. Knowledge of the effects of pollution on molluscs is necessary to make scientifically based decisions in the field of

environmental protection and to create a sustainable and healthy aquatic environment [5].

A brief overview of the main types of pollution includes chemical, bacterial and radiative factors [7]. Chemical pollution originates from industrial emissions [4] and the use of agrochemicals, and has a negative impact on aquatic ecosystems [1, 6]. Bacterial contamination can cause shellfish diseases, and radiation contamination causes severe systemic changes in shellfish organisms and their environment.

Results and discussion. Aquatic animals and plants are important indicators of water pollution and provide valuable insights into the health and quality of aquatic ecosystems. Different species have varying degrees of sensitivity to pollutants, making them reliable bioindicators for assessing the impact of different types of pollution, including chemical, biological and physical pollutants. By monitoring physiological and behavioural changes in aquatic organisms, it is possible to detect early signs of ecosystem degradation and identify sources of pollution.

Aquatic plants, due to their fixed nature and direct exposure to water pollutants, can reflect the cumulative effects of pollutants over time. Changes in plant health, growth rates and photosynthetic efficiency can provide important information on nutrient imbalances, heavy metal accumulation or the presence of toxic substances. Similarly, aquatic animals, especially those higher up the food chain, can reveal the long-term effects of contaminant bioaccumulation and biomagnification, providing a comprehensive view of ecosystem health.

The potential effects of water pollution on molluscs cover a number of important aspects of their life activities. Changes in growth may occur due to excessive concentrations of toxic substances, affecting the biological processes of shell development and formation. The reproduction of bivalve molluscs can be affected by pollution, leading to disturbances in the reproductive system and a reduction in the number of offspring produced. Adverse effects on reproduction can have important ecological consequences for shellfish populations and the biodiversity of aquatic ecosystems. Pollution can also reduce the chances of survival of molluscs by reducing food availability, altering water quality and increasing susceptibility to disease. These effects can affect the ecosystem as a whole, increasing the vulnerability of molluscs and their contribution to maintaining ecological balance. The interaction of molluscs with bacteria and microorganisms is determined by a complex network of factors, including microbiota, pathogens and beneficial organisms. Research shows that certain microorganisms can perform beneficial functions, such as assisting in the removal of organic matter and maintaining the health of shellfish. However, pathogenic microorganisms can cause disease and adversely affect the physiology of shellfish. Measures to reduce the risk of infection of shellfish by pathogens include monitoring the microbiota of the water and shellfish for pathogens and controlling water quality to maintain optimal water parameters, such as pH and oxygen concentration, to reduce stress on shellfish and their susceptibility to infection.

Interactions of molluscs with other species play a key role in maintaining biodiversity in aquatic ecosystems.

Molluscs perform a number of important ecological functions, contributing to the stability and diversity of aquatic environments. Bivalve molluscs are filter feeders, cleaning the water of particles and impurities. This helps to maintain water quality and create favourable conditions for other species. Molluscs also play an important role in regulating populations of algae and other marine organisms. Their feeding activity helps to maintain the balance of aquatic ecosystems, preventing undesirable changes. These animals become a food source for a variety of predators such as fish and birds. This contributes to the development of other levels of the ecosystem and supports biodiversity. In general, the interactions of molluscs with other species determine the ecological sustainability of aquatic systems and play a key role in maintaining biodiversity, which is important for the balanced and sustainable functioning of aquatic ecosystems [2].

Conclusions. The use of molluscs as sensitive bioindicators of pollution is becoming increasingly important, particularly for integrating information on pollution levels in a given region or over a given period. A prerequisite for the successful use of this method is a thorough knowledge of the sources and movement of pollutants in ecosystems in order to study the dynamics of their accumulation in systems. The physiological response of molluscs to pollution reflects the quality of the environment, especially in naturally degraded ecosystems, which can be used to assess the impact of different pollutants. The use of molluscs in toxicity bioassays is important because these organisms are easily cultured in the laboratory, can be maintained on artificial diets containing regulated amounts of metals, and respond rapidly to metal contamination at sub-lethal concentrations.

References

1. Аравін П.А., & Мехед О.Б. (2020). Токсичний вплив фосфоровмісних поліютантів на біоту водойм. *Крок у науку: дослідження у галузі природничо-математичних дисциплін та методик їх навчання: Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених*. Чернівці: НУЧК імені Т. Г. Шевченка. – С. 11.
2. Дайнеко, Н.М., Тимофеев, С.Ф., & Лукаш, О.В. (2013). Накопичення важких металів і цезію-137 прибережно-водною рослинністю р. Дніпро Брагинського району Гомельської області. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*, 2(55), 43–50.
3. Лукаш, О.В., Сапегін, Л.М., Кириєнко, С.В., Лукаш, І.М., Дайнеко, М.М., & Тимофеев, С.Ф. (2012). Стан прибережно-водних екосистем на рекультивованих примостових ділянках Чернігівської і Гомельської областей у прикордонній смузі з Брянською обл. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*, 1, 121–127.
4. Мехед О.Б., & Кириєнко С.В. (2023). Синтаксономічний склад та аналіз забрудненості важкими металами прибережно-водної та водної рослинності екосистем заплави річок Снов, Ревна, Ірпа в межах Чернігівської області. *Український журнал природничих наук*, (6), 7-17.

5. Тюпова, Т., Ткаченко, Г., Мехед, О., & Курхалюк, Н. (2023). Відповіді на оксидативний стрес у наземних молюсків як біомаркери для оцінки впливу токсикантів. *ВНТ: Biota, Human, Technology*, (1), 41-51.
6. Яковенко Б.В., Третяк А.П., Мехед О.Б., Хайтова А.Д., & Симонова Н.А. (2017). Вплив ксенобіотиків на активність антиоксидантної системи в тканинах коропа. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія Біологія*, 2(69), 76-80.
7. Lukash, O., Kupchuk, O., Karpenko, Yu., Sliuta, A., & Kyrienko, S. (2016). Dynamics of riverbank ephemeral plant communities in the Stryzhen' river estuary (Chernihiv, Ukraine). *Ecological Questions*, 24, 27–35.

Serhii Matiushko

**USE OF BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS ON AQUATIC ORGANISMS
TO DETERMINE THE STATE OF THE WATER**

T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,

14017, Hetmana Polubotka str., 53, Chernihiv, Ukraine

E-mail: mekhedolga@gmail.com

Keywords: *biomarkers, oxidative stress, aquatic organisms*

Introduction. Oxidative stress occurs when the level of free radicals in cells exceeds the body's ability to neutralise them with antioxidants. This phenomenon can be caused by various factors such as water pollution with toxins, increased levels of heavy metals or excessive use of pesticides [1, 5]. The use of biomarkers of oxidative stress in hydrobionts is used to determine the state of the reservoir, as oxidative stress is an important factor affecting the health and ecological state of water resources. We used methods for detection and measurement of biomarkers of oxidative stress in mollusc and fish organisms, such as the activity of catalase, superoxide dismutase, quantitative content of malondialdehyde, diene conjugates and others. The possibilities of using these biomarkers to determine the qualitative state of the water body and to identify the impact of various factors, such as water pollution and changes in the ecosystem, are very informative [2, 4].

Materials and methods To study the content of lipid peroxidation products in extracts of white muscle, gills, liver and brain of common carp. The method of determination of the specified substances in fish tissues was carried out according to the standard method using a set of reagents of the company "Filisit". Statistical processing of the research data was carried out using the Microsoft "Office Excel" 2010 application package with the use of Student's T-test.

Results and discussion. Studies show that molluscs and fish can be sensitive indicators of the condition of water bodies due to their response to oxidative stress. Biomarkers of such stress include increased levels of malondialdehyde, which is indicative of lipid peroxidation and can indicate the presence of oxidative stress and the activity of antioxidant enzymes - a decrease in the activity of enzymes such as superoxide dismutase and catalase is also an indicator of stress.

We found that the amount of malondialdehyde (MDA) was practically no different from the control values; a slight increase in this indicator was observed in all the tissues examined, but the differences are unlikely to be significant. The maximum changes in MDA content were found in the gills of the fish, reaching almost 34% under the influence of mycotoxin T2. In the brains of fish from the experimental groups, changes in the indicator were up to 30%.

In the white muscle of the fish, the indicator increases practically by a quarter, which indicates the sensitivity of this tissue to the influence of the toxicant. According to the data obtained, the maximum changes of diene conjugates were recorded in white muscles and gills. In particular, it was found that the content of diene conjugates in the gill tissues of almost all the groups of fish studied increased significantly compared to the control ($0.01 < P < 0.001$). In the white muscle of fish from the experimental groups, there was a tendency for the quantitative content of glutathione peroxidase to increase under the influence of mycotoxin (changes up to 18%), but these changes were not statistically significant.

The mycotoxin caused the most significant changes in the condition of the fish's liver and gills. Minimal abnormalities were observed in brain tissue. This tendency towards specific tissue changes became apparent when toxic substances were used in high concentrations. As a result of the influence of pollutants, there was an increase in the content of the studied substances in the tissues and organs of the common carp. The evaluation of this phenomenon makes it possible to determine the functional state of the organism and to identify the initial, still reversible stages of many diseases.

All these indicators of oxidative stress and the antioxidant defence system in terrestrial gastropods are important means of determining the adverse effects of pollution [3]. Changes in the tissues and organs of molluscs are probably related to the activation of oxidative stress, changes in energy reserves and/or disturbances in the endocrine system. In addition, these organisms show reactions to toxic substances, which makes them valuable in the diagnosis of environmental pollution. They are therefore recommended as useful bioindicators in ecotoxicological studies and monitoring programmes.

Conclusions. The use of biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms provides a powerful tool for assessing the health of aquatic environments and detecting the presence of water pollution. Biomarkers such as lipid peroxidation, antioxidant enzyme activity and DNA damage provide insight into how organisms respond to various pollutants, including heavy metals, pesticides and industrial chemicals, which can induce oxidative stress. By analysing these biomarkers, researchers can determine the level of environmental stress on aquatic species, helping to identify the nature and severity of water pollution.

Aquatic organisms, particularly those that are sensitive to changes in water quality, serve as early warning indicators of environmental pollution. The physiological responses measured by oxidative stress biomarkers reflect both acute and chronic exposure to pollutants, making them highly effective in monitoring long-

term ecosystem health. These biomarkers are also valuable in assessing the effectiveness of pollution control measures and in formulating water management strategies to prevent further degradation of aquatic systems.

The use of biomarkers of oxidative stress in molluscs and fish is becoming an increasingly important tool for determining the ecological status of a reservoir. These methods can serve as a basis for the development of effective strategies for the management of water resources and the conservation of natural ecosystems.

References

1. Блоха А.К., Симонова Н.А., & Мехед О.Б. (2019). Вміст дієнових кон'югатів в печінці коропа за дії поліютантів. *Біологічні дослідження – 2019: Збірник наукових праць, Житомир.* – С. 141-144.
2. Симонова, Н.А., Іскевич, О.В., & Мехед, О.Б. (2016). Вивчення впливу токсикантів різної хімічної природи на активність системи антиоксидантного захисту у печінці цьогорічки коропа лускатого. *Фундаментальні та прикладні дослідження у сучасній науці. Збірка наукових праць.* Харків, Х.: Технологічний Центр. – С. 5.
3. Тюпова, Т., Ткаченко, Г., Мехед, О., & Курхалюк, Н. (2023). Відповіді на оксидаційний стрес у наземних молюсків як біомаркери для оцінки впливу токсикантів. *ВНТ: Biota, Human, Technology, (1),* 41-51.
4. Яковенко, Б.В., Третяк, А.П., Мехед, О.Б., Хайтова, А.Д., & Симонова, Н.А. (2017). Вплив ксенобіотиків на активність антиоксидантної системи в тканинах коропа. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія Біологія, 2(69),* 76-80.
5. Symonova, N.A., Mekhed, O.B., Kupchuk, O.Y., & Tretyak, O.P. (2018). Toxicants in the degradation of lipids in the organism scaly carp. *Ukrainian Journal of Ecology, 8(4),* 6-10.

Olha Mekhed

CHANGES IN THE BIOCHEMICAL INDICATORS OF HYDROBIONTS IN RESPONSE TO THE TOXIC EFFECT OF MYCOTOXIN T2

*T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,
14017, Hetmana Polubotka str. 53, Chernihiv, Ukraine
E-mail: mekhedolga@gmail.com*

Keywords: *aquatic animals, biochemical indicators, mycotoxin T2*

Introduction. Aquatic ecosystems are increasingly exposed to various environmental stressors, including toxic contaminants such as mycotoxins. Mycotoxin T2, a potent trichothecene produced by certain species of *Fusarium* fungi, is known to be highly toxic to both terrestrial and aquatic organisms. When introduced into aquatic environments, mycotoxin T2 poses a significant threat to the health of hydrobionts - organisms that live in water, including fish, molluscs and crustaceans. Understanding how these organisms respond at the biochemical level to T2 exposure is critical to assessing the ecological risks associated with this toxin. Hydrobionts are highly sensitive to changes in water quality due to their constant interaction with the aquatic environment and can serve as valuable bioindicators of pollution. Exposure to T2 mycotoxin can disrupt normal physiological processes, leading to oxidative stress, changes in enzyme activity and damage to cellular structures. These biochemical

changes not only affect the health and survival of individual organisms, but can have cascading effects on the entire aquatic ecosystem. Mycotoxins, produced by fungi under conditions of improper storage of products, can cause serious damage to animal and human health. These toxins can get into foods such as cereals and cause food contamination. Consumption can cause a range of illnesses, including poisoning, liver problems and immunodeficiency [1].

Agricultural use of mycotoxin-contaminated soil or unauthorised discharge of wastewater can result in mycotoxins entering natural water bodies through erosion or river runoff. Also, if agricultural products such as cereals containing mycotoxins are not stored properly, these toxins can enter surrounding water bodies through weathering, being washed away during rainfall or dumping of residues. Mycotoxin-producing fungi can grow in the coastal areas of water bodies, especially in humid environments. Thus, toxins can enter the water through erosion or drainage processes. Mycotoxins can also enter natural waters through atmospheric spray. If mycotoxin-producing fungi grow near water bodies, their toxins can be carried into the water by wind and precipitation. These pathways pose a potential threat to the aquatic environment and its ecosystems, as well as to the animals and humans that depend on these bodies of water.

Materials and methods. The work was carried out under the conditions of teaching and research laboratories of the National University "Chernihiv Collegium" named after T.G. Shevchenko and on the basis of the Chemical and Toxicological Department of the Chernihiv Regional State Laboratory of the State Service of Ukraine on Food Safety and Consumer Protection. We studied the quantitative content of mycotoxin T2 in the organs and tissues of scaly carp (white muscle, liver and brain) [6, 7], and the following biochemical indicators were also determined in the selected samples: the content of α -ketoglutarate, pyruvate, oxaloacetate, lactate and malate [5].

Results and discussion. As a result of the conducted studies, it was established that under the influence of only T2 mycotoxin, the indicators of the content of metabolites in the body of fish (*Cyprinus carpio* L.) change significantly. In particular, the concentration of α -ketoglutarate in muscle tissue decreased by 47%, in liver – similar changes reached 37% and in brain tissue - almost 19%. Pyruvic acid levels decreased by 29%, 19% and 6% in liver, white muscle and brain, respectively.

In addition, changes in morphological and ichthyological indicators of the experimental fish were noted [2], which proves the possibility of using carp as indicators of the state of the aquatic environment [8]. Various changes in their life processes, such as changes in the intensity of food consumption, body growth rate, muscle movements, can serve as biomarkers for the use of molluscs in the biomonitoring system.

Mycotoxins can cause a number of biochemical changes in animals that can affect their health [4]. The main biochemical effects include liver damage (many mycotoxins are hepatotoxic, i.e. they can cause damage to liver cells, which in turn can lead to a decrease in liver function, impaired metabolism and protein synthesis), impaired

kidney function, leading to its inflammation or toxic damage, which can lead to impaired removal of toxins and accumulation of harmful substances in the blood [5].

Conclusions. The study of biochemical indicators in hydrobionts exposed to the toxic effects of mycotoxin T2 highlights the significant physiological disturbances that can occur in aquatic organisms. The mycotoxin T2, a potent fungal toxin, induces a number of biochemical changes in hydrobionts, including alterations in enzyme activity, oxidative stress markers and metabolic processes.

Mycotoxins can suppress the function of the immune system, reducing the animals' resistance to infectious diseases. This can lead to an increase in the frequency of infections and a deterioration in general health. Mycotoxins can increase deficiencies of important minerals and vitamins, such as B vitamins, amino acids and others. This can lead to disruption of the normal metabolism and growth of animals. These biochemical changes can affect the physiological processes in the animal's body, ultimately leading to a reduction in productivity, a deterioration in product quality and a threat to the animal's life.

References

1. Духницький, В.Б., Хмельницький, Г.О., & Бойко, Г.В. (2011). *Ветеринарна мікотоксикологія: навч. посіб.* Київ. Аграрна освіта, 240 с.
2. Желай, М., Ячна, М., Мехед, О., & Третяк, О. (2023). Адаптивні зміни іхтіологічних показників корошових риб за дії мікотоксину Т2. *Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату: VII Міжнародна наукова конференція, програма, тези доповідей (Україна, Чернігів, 27–29 вересня 2023 р.)*. Чернігів: Десна-Поліграф. – С. 77-78.
3. Іваницький М.Є. (2006). Патоморфологічна діагностика та профілактика спонтанних мікотоксикозів свиней. *Ветеринарія сільськогосподарських тварин*, 10, 40–41.
4. Ніколаєнко, Т.М., Іващенко, М.О., Іващенко, Н.В., & Мехед, О.Б. (2023). Біохімічні показники крові лабораторних тварин за дії мікотоксину Т2. *"Vin Smart Eco". Збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції*. Вінниця: КЗВО "Вінницька академія безперервної освіти". – С. 276-277.
5. Полотнянко Л.В., & Мехед О.Б. (2023). Зміни біохімічних показників в тканинах коропа лускатого (*Syrpinius carpio* L.) під дією мікотоксину Т-2. *Актуальні проблеми дослідження довкілля: Матеріали X Міжнародної наукової конференції*. Суми: Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка. – С. 205-207.
6. Полотнянко Л., & Мехед О. (2023). Накопичення мікотоксинів у м'язах коропа лускатого (*Syrpinius carpio* Linnaeus, 1758) при згодовуванні корму, контамінованого Т2-токсиком. *Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату: VII Міжнародна наукова конференція, програма, тези доповідей (Україна, Чернігів, 27–29 вересня 2023 р.)*. Чернігів: Десна-Поліграф. – С. 105-106.
7. Скринінг-метод одночасного виявлення афлатоксину В1, патуліну, стеригматоцистину, Т-2 токсину, зеараленону та вомітоксину в різних кормах. Затв. Держдепартамент. вет. мед. Мін. АПК України 09.04.1996 р.
8. Тюпова, Т., Ткаченко, Г., Мехед, О., & Курхалюк, Н. (2023). Відповіді на оксидативний стрес у наземних молюсків як біомаркери для оцінки впливу токсикантів. *ВНТ: Biota, Human, Technology*, (1), 41-51.

Oleksandr Mishchenko¹, Olesya Lytvynenko¹, Gennadiy Bodnarchuk¹, Leonid Romanenko¹, Kristin Afara¹, Dmytro Kryvoruchko²

INFLUENCE OF CARBOHYDRATE-PROTEIN FEEDING IN THE SPRING ON THE DEVELOPMENT OF BEE COLONIES

¹National Scientific Center "Institute of beekeeping named after P.I. Prokopovych",
Kyiv, 03143, Ukraine;

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 03041, Ukraine
E-mail: honey72@i.ua, alesyasandra@ukr.net, bgl@ukr.net, romanenkoleonid87@gmail.com, afarakris@gmail.com, dimokmpx@ukr.net

Keywords: bee family, bee pollen, carbohydrate-protein feed, bee brood

Introduction. The bee colony provides its own food, but each beekeeper must be able to manage this process as well as bee feeding techniques [1, 2]. In spring, bees don't have enough of their own honey, some types of honey are completely sugared by spring, so insects don't have the opportunity to eat completely [3]. Carbohydrate-protein feeding is used in spring to stimulate brood growth. Feeding bees in spring has many advantages, as it helps beekeepers to prepare colonies for honey collection and to make them healthier and stronger [4].

The aim of study was to determine the effect of carbohydrate-protein feeding on colony development during the period of low influx of bee pollen into the nest of the colony.

Materials and methods. In order to carry out the task, two groups of bee colonies were formed in spring after the cleaning flight – 10 colonies in each group (experimental and control). The colonies met the requirements of the standard of the Ukrainian steppe breed (*Apis mellifera sossimai*), which was confirmed by the results of external evaluation [5, 6]. All colonies were kept in long hives with 20 standard frames (frame size 435 x 300 mm). The care of the colonies of both experimental groups was carried out in the same way, according to generally accepted methods [7]. The growth of the colonies was measured before the beginning of the study and every 12 days, taking into account the number of capped brood (hundreds of cells). A grid frame (the size of the quadrant 5 x 5 cm, which contains 100 bee cells) was used for counting. The strength of the colonies in the beehives was converted to a standard frame (435 x 300 mm) containing up to 300g of bees.

In order to reduce the time spent on feeding, to avoid cooling the nests on cold spring days and to avoid frequent disturbance of the colonies, the colonies were fed in the form of a paste (candy) on the second day after the flight and accounting, containing: powdered sugar – 500 g, liquid honey – 125 g, bee pollen – 155 g, water – 30 ml. Before making the candy, the bee pollen was soaked in water for 6 hours. The colonies of the control group received the same food, but without the addition of bee pollen. Before distributing the sweets, all honey and bee pollen combs without brood were removed from the nests of the experimental and control groups and replaced

with empty combs. Thus, at the beginning of the study, all the nests of the colonies were completely depleted of protein food.

Results. The dynamics of colony development was determined on the basis of the results of measuring the areas of covered brood in the control and experimental groups of colonies. It was found that in all accounting periods the experimental group of colonies reared more brood than the control group. The given results have no significant difference ($P > 0,05$) between the control and experimental groups. During the period of control measurement of the area of the capped brood, the experimental group which received food in the form of sweets with bee pollen reared on average 22.3% less brood than similar colonies of the experimental group.

These results convincingly show that carbohydrate-protein feeding in early spring (April and the first half of May) has a positive effect on the number of reared brood. The greatest effect was seen with the use of carbohydrate-protein feeding in April and early May. During this period, the supply of bee pollen was limited due to unfavourable weather conditions and a low number of flowering pollinating plants. As for the period of May, it can be characterised as the beginning of the main honey collection from robinia and when the majority of honey and pollination plants have already flowered. It is worth mentioning another important factor obtained as a result of the research, which indirectly affected the state of the colonies of the experimental and control groups. The colonies of the two groups that regularly received the carbohydrate-protein feed throughout the spring-summer period did not stop their development and none of the colonies went into a swarming state. Such a conclusion is of great importance for practical beekeeping, since swarming of bee colonies reduces production.

Conclusions. Carbohydrate-protein feeding in spring, when there is no source of bee pollen, has a significant effect on the growth of colonies, making it possible to build strong colonies before honey collection. However, they are only useful before the start of the main honey harvest, when the supply of pollen to the nest is limited. Therefore, it is recommended to collect a part of pollen with the help of pollen collectors during the period of its sufficient supply in the colony, to store it and then to prepare protein mixtures from it and to feed them to the bees in spring. It is possible to use bee pollen for feeding only under strict conditions of absence of infectious and invasive diseases of bees in apiaries.

References

1. Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41, 278–294. <http://dx.doi.org/10.1051/apido/2010012>.
2. Rodney, S., & Purdy, J. (2020). Dietary requirement so fin dividuall nectar foragers, and colony-level pollen and nectar consumption: a review to support pesticide eeexposureassessment for honey bees. *Apidologie*, 51, 163–179. <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00694-9>.
3. DeGrandi-Hoffman, G., Gage, S. L., Corby-Harris, V., Carroll, M., Chambers, M., Graham, H., Watkins deJong, E., Hidalgo, G., Calle, S., Azzouz-Olden, F., Meador, C., Snyder, L., & Ziolkowski, N. (2018). Connecting the nutrient composition of seasonal pollens with changing nutritional

- needs of honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Journal of insect physiology*, 109, 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2018.07.002>.
4. De Souza, D.A., Huang, M.H. & Tarpy, D.R. (2019). Experimental improvement of honey bee (*Apis mellifera*) queen quality through nutritional and hormonal supplementation. *Apidologie*, 50, 14–27. <https://doi.org/10.1007/s13592-018-0614-y>.
 5. Ibatullin, I.I., Panasenko, Yu.O., ...& Kononenko, V.K. (2003). *Praktykum z hodivli silskohospodarskykh tvaryn [Workshop on feeding farm animals]*. Kyiv: Vyscha osvita [in Ukrainian].
 6. Polishchuk, V.P., Holovetskyi, I.I., Metlytska, O.I., & Skrypnyk, V.V. (2009). *Metodychni rekomendatsii z otsiniuvannia chystoporodnosti bdzhil ta stvorennia vnutrishnoporodnoho typu [Methodological recommendations for the evaluation of pure-bred bees and the creation of an intrabreed type]*. Kyiv: Aston [in Ukrainian].
 7. Brovarskyi, V., Brindza, Ya., & Otchenashko, V. (2020). *Doslidna sprava u bdzhilnytstvi [Beekeeping research]*. Kyiv: Redaktsiino-vydavnychy viddil NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].

Olga Panchenko¹, Tetiana Markina²

**PRESERVATION OF THE COLLECTION OF SILKWORM (*BOMBYX MORI* L.)
AS AN OBJECT OF THE NATIONAL HERITAGE OF UKRAINE IN MODERN
CONDITIONS**

¹*Livestock Farming Institute of NAAS, Kharkiv, Ukraine;*

²*H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University, Kharkiv, Ukraine*

E-mail: labinform@i.ua; t.yu.markina@gmail.com

Keywords: *silkworm, Bombyx mori L., gene pool, selection, breeds and hybrids, viability*

Introduction. It is well known that the silkworm (*Bombyx mori* L.) is the main producer of natural silk. For 5,000 years, its breeding has been aimed exclusively at increasing productivity, which has significantly changed the biology of the insect. Today, silkworm breeding occupies an important place in the structure of technical entomology [1, 6]. Insects are increasingly considered as a valuable food resource for animals and humans [2], as a natural raw material in cosmetology, as a test object of bioindicative studies to determine the state of ecosystems [6], caterpillars - "ants" of the silkworm - as bioindicators of the state of the environment. Silkworm culture is also widely used as an experimental object in laboratories around the world.

For a long time, sericulture as a branch of agriculture developed at a high level in Ukraine, but unfortunately, due to economic and political reasons, it is now in complete decline. The significant achievements of the former Institute of Sericulture of the Ukrainian Academy of Sciences (now the Department of Sericulture and Technical Entomology of the National Research Centre "Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine", Kharkiv) are now represented by a unique collection of breeds and hybrids of silkworms, which has the status of national property of Ukraine. It includes breeds selected by the Institute of Sericulture of the Ukrainian Academy of Sciences and imported, mainly in the period 1948-2001, from 9 countries of the world (Bulgaria, China, Russia, Romania, Georgia, France, India, Uzbekistan, Japan) and successfully introduced to the conditions of the Kharkiv region.

Materials and methods. The genetic fund of silkworms in Ukraine includes about 120 breeds, 20 of which are used for the production of zoned and promising hybrids. In order to preserve the breed, it is necessary to feed the silkworm caterpillars every year in spring on the optimal agricultural background according to the generally accepted methods of sericulture [3]. During the diapause period (egg stage), certain storage conditions must be observed - temperature and humidity.

Results and discussion. The main conditions for the conservation of the silkworm genetic resources are: 1) Maintaining the lines and hybrids in genetic purity and combating the contamination of the collection; 2) Selection aimed at maintaining the viability, productivity and morphological characteristics of these breeds and hybrids.

Objective control over the condition of collection breeds and hybrids of silkworms is possible only under the conditions of constant assessment of their quality at all stages of ontogenesis [7, 8], since *Bombyx mori* L. refers to insects with a complete cycle of transformation (egg, caterpillar, pupa and butterfly).

The gene pool available in Ukraine should become the basis for modern silkworm breeding programmes based on important economically valuable traits (caterpillar viability, cocoon yield, silk production, cocoon mass, etc.) and heterosis efficiency [4]. Particular attention should be paid to the selection of raw material of different genetic origin from different geographical areas. For example, scientists [9] have already proved the possibility of using breeds of silkworms (*Bombyx mori* L.) created in Ukraine for breeding under the conditions of Bulgaria. The results of the study of the main characteristics of the breeds introduced from Ukraine within the framework of international scientific and technical cooperation showed that the breeds of silkworms Ukrainian 17-2, Ukrainian 18, Sh-1231, Sh-3 of Ukrainian selection are superior to the breed Super 1 (Bulgarian control) and can be used as initial breeding material, as well as components for hybridisation.

Independent international tests of silkworm hybrids in 16 countries of the world (2006-2007), in which the best hybrids of the world leaders – Japan and China – took part, showed the competitiveness of silkworm breeds of Ukrainian selection. These tests lasted for two years, and the hybrids were evaluated according to technological and biological characteristics: productivity, raw silk yield, silk thread length, cocoon unwinding, resistance to diseases. According to these indicators, the Ukrainian hybrid showed significant results and took an honourable third place. The first place went to Japanese producers – the founders of sericulture. The second place went to a Bulgarian hybrid of the Meref-2 variety, selected by the Institute of Sericulture of the Ukrainian Academy of Sciences [5].

The inimitability and uniqueness of the silkworm collection in Ukraine is determined by the fact that it combines biological material of different geographical origin and genetic diversity, original morphological features of eggs, caterpillars, cocoons, butterflies, which differ in the specificity of their reaction to diseases, some breeds require special storage and feeding conditions, and so on.

Conclusions. Thus, the unique genetic fund of the silkworm, created by the Ukrainian breeders for several decades, is in danger of disappearing and requires the attention of the scientific community.

References

1. Cortes Ortiz, J.A., Ruiz, A.T., Morales-Ramos, J.A., Thomas, M., Rojas, M.G., Tomberlin, J.K., Yi, L., Han, R., Giroud, L., & Jullien, R.L. (2016). Insect Mass Production Technologies. In: *Chapter 6 - Insect Mass Production Technologies*, Editor(s): Aaron T. Dossey, Juan A. Morales-Ramos, M. Guadalupe Rojas, Insects as Sustainable Food Ingredients, Academic Press, P. 153-201, ISBN 9780128028568, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00006-5>.
2. Jongema Y. (2017). List of edible insects of the world. WUR. Available at: www.wur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm.
3. Кириченко, І.О., Тарасов Г.Д., Пилипенко, Б.Ф., Браславський М.Ю. та ін. (1991). Практичний посібник по шовківництву. К.: Урожай, 140 с.
4. Литовченко, А.М., Білоус, О.В., Кудрявська, Н.В. та ін. (2003). Програма селекції з породами та гібридами шовковичного шовкопряда на 2003-2010 роки. К., Державний науково-виробничий концерн „Селекція”, 36 с.
5. Ляшенко Ю. (2010). Мерефянские гусеницы прокладывают Шелковый путь на Запад. (13 августа 2010 г.) Режим доступа: <https://vecherniy.kharkov.ua/news/42817>.
6. Маркіна Т.Ю. (2019). Гомеостатические свойства искусственных популяций насекомых и способы управления их состоянием: монография. Х.: Планета-Принт, 380 с.
7. Панченко, О. М., & Маркіна, Т. Ю. (2020). Оцінка високошовконосних ліній шовковичного шовкопряда (*Bombyx Mori* L.) за життєздатністю та продуктивністю. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія „Тваринництво”, 4(43), 65–70. DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2020.4.10>.
8. Панченко О.М. (2021). Способи збереження та покращення генофонду шовковичного шовкопряда на різних стадіях онтогенезу за використання маркерних ознак: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.02.01. Харків, 26 с.
9. Петков, Н.І., Начева, Й.С., Младенов, Г.С., Ігнатова, Л.Н., Браславський, М.Е., & Головка, В.О. (2001). Вивчення можливості використання для селекційної роботи в умовах Болгарії порід шовковичного шовкопряда (*Bombyx mori* L.), створених в Україні. Шовківництво: Міжвідомч. тематич. наук. зб., (8), 7–13.

Hanna Petkun, Vitalii Nedosekov

AWARENESS OF UKRAINIANS REGARDING THE COWS WELFARE ON DAIRY FARMS

National University of Life and Environmental Science of Ukraine

E-mail : Petkun.h@gmail.com

Keywords: consumers' attitude, animal welfare, dairy products, cow

Introduction. Agricultural activity is now seen not only as the production of food, but as fundamental to other important societal goals such as food safety and quality, environmental protection, sustainability and improving the quality of life in rural areas [6]. Improving the welfare of farm animals will reduce the level of human disease that may be associated with the consequences of increased industrial

production. Animal welfare is becoming an integral part of the broader One Health approach [5].

In recent years, there has been a growing interest in the care, feeding and welfare of farm animals. Numerous studies [2, 7-10] show concern, understanding and awareness of the importance of establishing a high level of farm animal welfare for modern consumers.

Currently, there is very little information available on the opinions of Ukrainian consumers regarding the welfare of animals on dairy farms. Therefore, our aim was to investigate Ukrainians' awareness of this issue.

Materials and methods. The survey lasted 4 weeks (03/06/2023 – 04/03/2023). The questionnaire was created with Google Forms. 2345 questionnaires were received for data analysis. Microsoft Excel was used for further statistical analysis.

Results and discussion. The average arithmetic knowledge level of the respondents regarding the welfare of dairy cows on farms was 2.8. The majority of respondents – 32.2% – answered "*have some knowledge*", 15.7% "*do not know anything*" and only 10.3% of respondents chose "*know a lot*".

In terms of awareness of the importance of high animal welfare standards on dairy farms, the absolute majority of respondents (83.3%) said it was "very important" and only 0.2% of respondents considered animal welfare on dairy farms to be "not at all important". The absolute majority of Europeans (94%) believe that it is important to protect the welfare of farm animals. More than half of respondents (57%) consider it 'very important' and 37% 'somewhat important'. Only a very small proportion of respondents (4%) do not consider the welfare of farm animals to be important [3].

59% believe that animal welfare does not depend on the size of the farm, 25% believe that it is more difficult to achieve a high level of animal welfare on a large farm and 15.9% think that it is easier to achieve a high level of animal welfare on a large farm. The results of Italian studies [4] show that the majority of respondents believe that animals are better off on small farms.

61.1% of Ukrainian respondents have not noticed any information on animal welfare in the mass media and 95.2% of respondents believe that consumers do not receive enough information on animal welfare. 82% of respondents would like to receive more information about the condition of dairy cows on farms.

According to Ukrainian respondents, the farmer (51%) and farm workers (36%) have the most influence on farm animal welfare, while consumers themselves (3%) have the least. European consumers also believe that the main responsibility for animal welfare lies primarily with farmers, followed by politicians and veterinarians. However, there is a large proportion of respondents who believe that it is the responsibility of all citizens and should be regulated by the state (40%)[3].

Conclusions. Our research shows that consumers appreciate and understand the importance of achieving high levels of cow welfare on dairy farms. The absolute majority of respondents believe that consumers are not sufficiently informed about

the conditions in which animals are kept on farms and want more information about the level of animal welfare.

References

1. Blokhuis, H.J., Keeling, L.J., Gavinelli, A., & Serratos, J. (2008). Animal welfare's impact on the food chain. *Trends in Food Science & Technology*, 19, S79-S87. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.09.007>.
2. Clark, B., Stewart, G.B., Panzone, L.A., Kyriazakis, I., & Frewer L.J. (2017) Citizens, consumers and farm animal welfare: A meta-analysis of willingness-to-pay studies. *Food Policy*, 68, 112-127. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.01.006>.
3. Eurobarometer (2016). Attitudes of Europeans towards animal welfare. In: *Special Eurobarometer 442 Wave EB*; European Commission: Brussels, Belgium, Available online: <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2096> (accessed on 13 January 2020).
4. Fonseca, R. P., & Sanchez-Sabate, R. (2022). Consumers' Attitudes towards Animal Suffering: A Systematic Review on Awareness, Willingness and Dietary Change. *International journal of environmental research and public health*, 19(23), 16372. <https://doi.org/10.3390/ijerph192316372>.
5. Goldberg A.M. (2016). Farm Animal Welfare and Human Health. *Current environmental health reports*, 3(3), 313–321. <https://doi.org/10.1007/s40572-016-0097-9>.
6. Blokhuis, H.J., Keeling, L.J., Gavinelli, A., Serratos, J. (2008). Animal welfare's impact on the food chain. *Trends in Food Science & Technology*, 19(1), 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.09.007>.
7. Kjaernes, U., Miele, M., & Roex, J. (2007) Attitudes of Consumers, Retailers and Producers to Farm Animal Welfare Welfare Quality®, Reports No. 2, Cardiff University.
8. McKendree, M.G., Croney, C.C., & Widmar, N.J. (2014). Effects of demographic factors and information sources on United States consumer perceptions of animal welfare. *Journal of animal science*, 92(7), 3161–3173. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-6874>.
9. Spooner, J.M., Schuppli, C.A., Fraser, D. (2014). Attitudes of Canadian pig producers toward animal welfare. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 27(4), 569-589.
10. Wolf, C. A., Tonsor, G. T., McKendree, M. G. S., Thomson, D. U., & Swanson, J. C. (2016). Public and farmer perceptions of dairy cattle welfare in the United States. *Journal of dairy science*, 99(7), 5892–5903. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10619>.

Lidiia Polotnianko

ACCUMULATION OF MYCOTOXINS IN THE BODIES OF AQUATIC ANIMALS AS A RESULT OF WATER POLLUTION

T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»,

14017, Hetmana Polubotka str. 53, Chernihiv, Ukraine

E-mail: mekhedolga@gmail.com

Keywords: *mycotoxins, aquatic animals, water pollution*

Introduction. The harmful effects of mycotoxins on aquatic organisms can have serious consequences for their health and viability. The main problems associated with mycotoxins in aquatic environments include toxicity and adverse organ effects, as mycotoxins can affect the organs of aquatic organisms, such as the liver, kidneys and nervous system, leading to functional disorders by altering the biochemical status of these organs [4]. Molluscs, in particular, are often used as biomarkers of environmental purity because it is known that toxic substances can alter indicators of oxidative stress in these organisms [6]. In addition, mycotoxins can suppress the

immune system of animals, making them more susceptible to viruses, bacteria and other pathogens. This can lead to increased susceptibility to disease in aquatic organisms and a decrease in their viability, along with changes in physiological and morphological indicators [3]. Another risk factor is the effect on reproduction - mycotoxins can have a negative effect on the reproductive system, resulting in a reduction in reproduction rates or even affecting the survival and development of juvenile fish and other aquatic organisms [1].

Materials and methods. The accumulation of mycotoxin T2 in the tissues and organs of common carp [5], induced by an elevated level of T2 toxin in the aquatic environment at twice the maximum permissible concentration (MPC), was studied.

Results and Discussion. It is known that fish can accumulate mycotoxins in their tissues, especially in the liver and muscles. This can pose a threat to humans who consume such fish, as mycotoxins can be passed up the food chain. In summary, mycotoxins in water can pose a serious threat to aquatic life, affecting their health, development and reproductive function. These toxins can also affect the aquatic ecosystem and become a problem for fish consumers [4].

The possibility of mycotoxins in freshwater fish feed is due to several factors. The most important of these are feed ingredients (fish feeds contain mycotoxin-contaminated raw materials, such as cereals or oilseeds, which can lead to contamination of the feed itself), improper storage conditions (improper storage of feeds leads to the creation of favourable conditions for the growth of fungi and the production of mycotoxins), water contamination and processes such as biotransformation. If fish receive contaminated feed, they can accumulate mycotoxins in their bodies), water contamination and processes such as biotransformation can also affect the concentration of mycotoxins in the fish body. Some fish species are able to metabolise mycotoxins, producing new compounds that may be less toxic or, conversely, more toxic. The results of the research carried out show that there is no accumulation of the substance in question in the white muscle of carp, but the biochemical changes observed require a more detailed study of this issue, in particular the dependence of the accumulation of mycotoxin T2 on the method of exposure of the animal, the use of other methods of determining toxins, etc.

Conclusions. It should be noted that quality control of feed, its proper storage and screening of contaminated raw materials can help to avoid contamination of freshwater fish with mycotoxins. It is also important to consider the environment in which the fish are kept and to take measures to reduce water contamination with these toxins.

References

1. Желай, М., Ячна, М., Мехед, О., & Третьяк, О. (2023). Адаптивні зміни іхтіологічних показників корошових риб за дії мікотоксину Т2. *Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату: VII Міжнародна наукова конференція, програма, тези доповідей (Україна, Чернігів, 27–29 вересня 2023 р.)*. Чернігів: Десна-Поліграф. – С. 77-78.

2. Ніколаєнко, Т.М., Іващенко, М.О., Іващенко, Н.В, & Мехед, О.Б. (2023) Біохімічні показники крові лабораторних тварин за дії мікотоксину Т2. "Vin Smart Eco". Збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції. Вінниця: КЗВО "Вінницька академія безперервної освіти". – С. 276-277.
3. Полотнянко Л.В., & Мехед О.Б. (2023). Зміни біохімічних показників в тканинах коропа лускатого (*Suiprinus carpio* L.) під дією мікотоксину Т-2. *Актуальні проблеми дослідження довкілля: Матеріали X Міжнародної наукової конференції*. Суми: Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка. – С. 205-207.
4. Полотнянко Л., & Мехед О. (2023). Накопичення мікотоксинів у м'язах коропа лускатого (*Suiprinus carpio* Linnaeus, 1758) при згодовуванні корму, контамінованого Т2-токсинам. *Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату: VII Міжнародна наукова конференція, програма, тези доповідей (Україна, Чернігів, 27–29 вересня 2023 р.)*. Чернігів: Десна-Поліграф. – С. 105-106.
5. Скринінг-метод одночасного виявлення афлатоксину В1, патуліну, стеригматоцистину, Т-2 токсину, зеараленону та вомітоксину в різних кормах. Затв. Держдепартаменту вет. мед. Мін. АПК України 09.04.1996 р.
6. Тюпова, Т., Ткаченко, Г., Мехед, О., & Кургалюк, Н. (2023). Відповіді на оксидативний стрес у наземних молюсків як біомаркери для оцінки впливу токсикантів. ВНТ: *Biota, Human, Technology*, (1), 41-51.

Artem Saienko, Mykyta Peka, Oleksandr Tsereniuk

POLYMORPHISM OF *ESR1*, *PRLR*, AND *VRTN* GENES IN THE MYRHOROD PIG BREED

Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 36013 Poltava, Ukraine

E-mail: saenko_artem@meta.ua; pekapoltava@gmail.com; tserenyuk@gmail.com

Keywords: *Myrhorod pig breed, vertnin, prolactin receptor, estrogen receptor 1, polymorphism*

Introduction. Pork occupies an important place among other meats in the food industry. The economic efficiency of pig production depends not only on the fattening and meat qualities of the pigs, but also on their reproduction, which is influenced by the approaches used in breeding. An important stage in determining the success of selective breeding is the evaluation of the animals, typically using indicators of their own productivity and the productivity of their progeny [1]. Based on the results of such an evaluation, conclusions are drawn about the productive potential of an individual animal and its prospects for use in the herd. However, the information provided by this traditional method is neither accurate nor complete, and the evaluation process is time-consuming and influenced by paratypical factors.

The selection process in pig breeding can be much more effective if, in addition to traditional approaches, molecular genetic marking of individual animals using Quantitative Trait Loci (QTL) is used to evaluate the genotypes of animals and their subsequent selection. This approach is based on the use of a number of genetic markers for which significant associations with specific reproductive, fattening and

meat traits of pigs have already been demonstrated. Based on the genotyping of animals, factory lines can be created to improve traits such as sow fertility or pork quality in existing pig breeds.

Among the most studied and promising QTL genes are estrogen receptor 1 (*ESR1*) [2], prolactin receptor (*PRLR*) [3] and vertnin (*VRTN*) [4]. These genes play a role in the control of reproductive traits in pigs. *ESR1*, located on porcine chromosome 1, has allelic variants due to several single nucleotide polymorphisms (SNPs) localised in both its exons and introns [2]. The best known polymorphism in *ESR1* for genetic marking of multiple fertility is the intronic *PvuII* polymorphism. Studies have shown that sows with the *ESR1* BB genotype at the *PvuII* polymorphic restriction site outperform those with the AB and AA genotypes by 0.6 and 3.58 piglets per litter, respectively [5].

Prolactin is a polypeptide hormone secreted by the anterior pituitary gland that influences several types of endocrine activity and plays a critical role in reproductive performance in sows, including mammary gland development and lactation. The hormone exerts its physiological effects through the *PRLR*, which is found in various tissues of many mammalian species. The porcine *PRLR* gene, located on porcine chromosome 16, has an *AluI* polymorphism associated with litter size. Allele A of this polymorphism significantly affects the number of piglets born alive [3].

The *VRTN* gene, located on pig chromosome 7, is associated with the number of teats and consequently with an increase in the number of vertebrae [4] and body length in pigs.

These genes play an important role in the formation of intrabreed types or specialised groups of pigs, given their influence on pig productivity traits. Selective breeding aimed at improving certain animal traits helps to fix the desired allelic variants of these QTL genes in populations. Selection of animals for alleles of QTL genes is the basis of marker-associated selection (MAS).

The aim of this study was to analyse the polymorphism of the *ESR1*, *PRLR* and *VRTN* genes in a sample of Myrhorod pigs. In addition, the feasibility of carrying out selection work based on these genes was evaluated.

Materials and methods. The experimental part of this study was carried out in 2024. Bristles were collected from pigs of the Myrhorod breed belonging to the State Enterprise "Research farm named after Dekabrists" of the Institute of Food Resources of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Laboratory experiments were carried out at the Institute of Pig Breeding and Agroindustrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. DNA was isolated from the bristles using the "Chelex 100" reagent [6]. The obtained DNA samples were stored at the temperature of -20°C .

Genotyping of animals for SNPs of the QTL genes studied was performed using the polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) technique. The PCR was performed in a volume of 25 μl of the reaction mixture (New England Biolabs) on a Tertsyk-2 thermal cycler (DNA Technology). PCR-RFLP was

performed according to recommended protocols [7, 8]. The mixture of restriction fragments was analysed by electrophoresis in an 8% polyacrylamide gel. The sizes of the fragments obtained were determined using the molecular weight marker *pBR322/MspI*. Photographs were taken using a Canon digital camera.

Statistical analysis was performed on a personal computer using Microsoft Excel and the online tool for polymorphic information content (PIC) calculations [9].

Results and discussion. Data on the frequency distribution of genotypes and alleles in Myrhorod pigs are presented in Tables 1 and 2.

Table 1. Distribution of genotype frequencies in the studied sample of Myrhorod pig breed

Breed / Gene	<i>ESR1</i>	<i>PRLR</i>	<i>VRTN</i>
	Genotype frequencies		
Mirgorod pig breed (n = 37)	AA = 0.54 AB = 0.38 BB = 0.08	AA = 0.24 AB = 0.27 BB = 0.49	WW = 0.89 WQ = 0.00 QQ = 0.11

Table 2. Distribution of allele frequencies in the studied sample of Myrhorod pig breed

Breed / Gene	<i>ESR1</i>	<i>PRLR</i>	<i>VRTN</i>
	Allele frequencies		
Mirgorod pig breed (n = 37)	A = 0.38 B = 0.62	A = 0.27 B = 0.73	W = 0.89 Q = 0.11

For the *ESR1* gene, the sample of pigs consisted mainly of animals with the AA genotype, which had a frequency of 0.54. The BB genotype, which is desirable for increasing fertility, had a frequency of only 0.08. The frequency of heterozygous animals (AB genotype) was 0.38. Regarding the allele frequencies for the *ESR1* gene, the A allele had the highest frequency of 0.62, while the B allele had a frequency of 0.38.

For the *PRLR* gene, the BB genotype had the highest frequency with 0.49. The AB and AA genotypes had similar frequencies of 0.27 and 0.24, respectively. For the *PRLR* gene, the B allele predominated with a frequency of 0.73.

For the *VRTN* gene, no heterozygous genotype was found in the study sample. The overwhelming majority consisted of homozygous WW genotypes with a frequency of 0.89. The QQ genotype had a frequency of only 0.11. In terms of allele frequency, the majority belonged to the W allele with a frequency of 0.89, while the Q allele had a frequency of 0.11.

The data obtained from the population analysis made it possible to evaluate the power of the *ESR1*, *PRLR* and *VRTN* genes as genetic markers in the sample of the Myrhorod pig breed studied (Table 3).

The average level of PIC, ranging from 0.25 to 0.75, is optimal for identifying the association of a genetic marker with productivity traits in a population. In contrast, low PIC values (less than 0.25) and high PIC values (greater than 0.75) are not desirable for marker-assisted selection (MAS).

Table 3. Informativeness of genetic markers in the studied sample of Myrhorod pigs breed

Indicator / Gene	<i>ESR1</i>	<i>PRLR</i>	<i>VRTN</i>
Polymorphic information content	0.36	0.39	0.19

In this study, the *ESR1* and *PRLR* genes showed optimal PIC values of 0.36 and 0.39, respectively, indicating their potential usefulness in MAS for improving productivity traits in Myrhorod pigs. However, the *VRTN* gene had a low PIC of only 0.19, suggesting that it may be less informative for association studies.

Conclusions. DNA typing for QTL genes in a sample of the Myrhorod pig breed revealed that the *ESR1* and *PRLR* genes are characterised by significant polymorphism. The level of polymorphism of the genetic markers of the *ESR1* and *PRLR* genes, as indicated by their PIC values (0.36-0.39), is sufficient to conduct associative studies to find associations between these markers and pig productivity traits. Although the PIC value for the *VRTN* gene in the studied group of pigs is low (0.19), the presence of different genotypes still allows for the calculation of relationships with corresponding productivity traits in the future. Therefore, the studied sample of the Myrhorod pig breed will be used in MAS studies aimed at identifying associations between genetic markers and productivity traits in pigs.

References

1. Рибалко, В.П., Березовський, М.Д., & Хатько, І.В. (2005). Методика оцінки кнурів і свиноматок за якістю потомства в умовах спеціалізованих контрольно-випробувальних станцій. *Сучасні методики досліджень у свинарстві*, ПБВ Полтавської державної аграрної академії, с. 26-31.
2. Short, T.H., Rothschild, M.F., Southwood, O.I., McLaren, D.G., de Vries, A., van der Steen, H., Eckardt, G.R., Tuggle, C.K., Helm, J., Vaske, D.A., Mileham, A.J., & Plastow, G.S. (1997). Effect of the estrogen receptor locus on reproduction and production traits in four commercial pig lines. *Journal of animal science*, 75(12), 3138–3142. <https://doi.org/10.2527/1997.75123138x>.
3. Vincent, A.L., Wang, L., Tuggle, C.K., Robic, A., & Rothschild, M.F. (1997). Prolactin receptor maps to pig chromosome 16. *Mammalian genome: official journal of the International Mammalian Genome Society*, 8(10), 793–794. <https://doi.org/10.1007/s003359900576>.
4. Borchers, N., Reinsch, N., & Kalm, E. (2004). The number of ribs and vertebrae in a Piétrain cross: variation, heritability and effects on performance traits. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 121, 392-403. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2004.00482.x>.
5. Balatskiĭ, V. N., Saenko, A. M., & Grishina, L. P. (2012). [Polymorphism of estrogen 1 receptor locus in populations of pigs of different genotypes and its association with reproductive characteristics in large white sows]. *TSitologii i genetika (Cytology & Genetics)*, 46(4), 48–54.
6. Walsh, P. S., Metzger, D. A., & Higuchi, R. (1991). Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. *BioTechniques*, 10(4), 506–513.

7. Waters, D. L., & Shapter, F. M. (2014). The polymerase chain reaction (PCR): general methods. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 1099, 65–75. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-715-0_7.
8. Dai, S., & Long, Y. (2015). Genotyping analysis using an RFLP assay. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 1245, 91–99. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1966-6_7.
9. Lan Liu group (2020). *Genetic Diversity Indexes Calculator*. MSRCall. <http://www.msrcall.com/Gdicall.aspx>.

Mykola Shabash

BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLOOD SERUM OF COWS OF DIFFERENT BREEDS DAIRY PRODUCTIVITY AREA

Department of Animal Biology, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

E-mail: kolyashabash@gmail.com

Key words: *biochemical parameters, blood, breeds, cows*

Introduction. The country's economy and the welfare of its population depend to a large extent on the development of livestock production and its intensification, which increases the demands on animals, especially their quality [2]. The problem of producing high quality animal products depends largely on the level of breeding and breeding work with breeds [1]. Breeds differ in their genetic structure and are an integral part of a continuous breeding process. Therefore, the work on animal breeding and genetics should aim at using modern molecular genetic and physiological-biochemical evaluation methods as an indispensable part of the overall MAS methodology [3]. The aim of the work is to analyse the biochemical parameters of the blood serum of cows of different dairy breeds and animal performance parameters.

Materials and methods. Blood serum (general indicators of clinical biochemistry were determined) from cows of the Ukrainian Black and White, Simmental and Ukrainian Red and White dairy breeds was used for biochemical studies. Samples of biological material were collected from representatives of each of the experimental cattle breeds. Biochemical (study of protein and carbohydrate metabolism) and statistical (biometric processing of research results) research methods were used in the work.

Results and Discussion. As a result of the research, the level of total bilirubin was found to be 2.2 times higher in Simmental cattle and 25% higher in Ukrainian Red and White dairy cattle than in Black and White cattle. At the same time, this indicator remains within the normal range in the groups studied. Glucose, direct bilirubin, urea, albumin, total protein and alanine aminotransferase activity remain at the same level in Ukrainian Black and White, Simmental and Ukrainian Red and White dairy breeds. The creatinine content in the blood of Ukrainian Red and White dairy cattle is 29% higher compared to Black and White and Simmental. GGT activity is 14% higher in Ukrainian Black and White and 22% higher in Ukrainian Red and White dairy breeds compared to Simmental. Aspartate aminotransferase activity is 1.9 times

higher in Simmental and 2.6 times higher in Ukrainian Red and White compared to Black and White. At the same time, all biochemical parameters remain within the normal range in the groups of cows studied.

Conclusions. Thus, the study of biochemical parameters makes it possible to establish the relationship between metabolic processes, genotype and productivity of cattle.

References

1. Deshpande, M., Rank, D.N., Vataliya, P.H., & Joshi, C.G. (2014). Study of leptin gene polymorphism in Mehsana buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Buffalo Bulletin*, 33(1), 115–119. <https://doi.org/10.14456/ku-bufbu.2014.22>.
2. Mishra S.P., Mishra C., Mishra D.P., Rosalin B.P., & Bhuyan C. (2017). Application of advanced molecular marker technique for improvement of animal: A critical review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(5), 1283–1295.
3. Wakchaure, R., Ganguly, S., Praveen, P. K., Kumar, A., Sharma, S., Mahajan, T. (2015). Marker Assisted Selection (MAS) in Animal Breeding: A Review. *Journal of Drug Metabolism & Toxicology*, 6, 127. <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7609.1000e127>.

Olha Stefanyshyn, Alla Hunchak

THE EFFECT OF PHAFFIA RHODOZYMA YEAST BIOMASS UNDER DIFFERENT APPLICATION REGIMES ON THE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE COMPOSITION OF THE GUT MICROBIOTA IN LABORATORY ANIMALS UNDER CONDITIONS OF EXPERIMENTAL DYSBIOSIS

Institute of Animal Biology, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,

V. Stusa St. 38, 79034, Lviv, Ukraine

E-mail: oliastef@ukr.net

Keywords: rats, microbiota, intestine, experimental dysbiosis, *Phaffia rhodozyma*

Introduction. The biomass of the yeast *Phaffia rhodozyma* has been used for decades as a source of carotenoids, mainly in aquaculture [1] and poultry farming [2]. To increase the bioavailability of carotenoids, an important step remains the production of a product with damaged cell walls, as this is expected to facilitate their release in the organism, and β -glucans from cell walls [3] can act as toxin sorbents in the gastrointestinal tract. When the composition of the gut microbiota is disturbed, therapeutic intervention is required. Antibiotics are used to combat pathogenic microorganisms, but they suppress not only pathogenic microbes but also the normal gut microbiota, leading to dysbiosis. Worldwide experience with antibiotics has shown that any preventive measures aimed at eliminating pathogenic microflora should be avoided. Prevention and treatment of diseases caused by opportunistic and pathogenic microorganisms should be done by stimulating the natural resistance of the host organism. One of the most promising directions in this area is the use of probiotics.

Probiotics are as effective as certain antibiotics and chemotherapeutic agents. They also have no negative effect on the gastrointestinal microbiota, do not contaminate animal products and are environmentally friendly. The use of probiotics is safe for people who consume animal products. Probiotics not only normalise the composition of the intestinal microflora, but also stimulate animal productivity. Our previous studies have shown that the use of yeast in conditions of dysbiosis in rats has a positive effect on the composition of the gut microbiota and the animals' metabolism. Literature analysis [4, 5] confirms that yeast cells have complex mechanisms of influence on the gut microbiota and the state of the host organism. Specifically, they prevent the colonisation of the gastrointestinal tract by pathogenic microorganisms, stimulate the growth of endogenous lacto- and bifidobacteria, adsorb mycotoxins, alter the oxidative-reductive potential of the intestinal epithelial layer, increase the enzymatic activity of the digestive tract and promote the synthesis of lactase, maltase and sucrase. Yeast cell wall fragments stimulate the weak immune system of young animals and poultry. They modulate the activity of cells of the immune system and increase the organism's resistance to infections.

Therefore, the aim of this study was to develop schemes for using the biomass of the carotenoid-synthesising yeast *Phaffia rhodozyma* under conditions of experimental dysbiosis to correct the composition of the gut microbiota in experimental animals.

Materials and methods. In order to develop a scheme for the use of the aforementioned biomass of carotenoid-synthesising yeast under conditions of experimental dysbiosis, a study was carried out on male Wistar rats with an initial body weight of 50-60 g (4-5 weeks old) maintained under standard vivarium conditions. The microbiological status of all animals prior to the experiments was improved - conventional (minimal disease), category II. Experimental groups were formed by random selection of animals from the same batch. Animals were housed, fed and cared for as required. All manipulations were performed in accordance with the "General Principles of Animal Experimentation" approved by the First National Bioethics Congress and in accordance with the provisions of the "European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes".

The experiment lasted 28 days. Experimental chemotherapy-induced intestinal dysbiosis in laboratory rats was induced by intragastric administration by oral gavage. The animals were divided into 5 groups (10 animals each): 1 – control group (standard laboratory animal chow; animals receiving intragastric saline); 2 – experimental group (animals receiving standard chow, but dysbiosis induced with doxycycline at a dose of 1.5 mg/day/head for 7 days); 3 – experimental group (animals receiving the mentioned biomass of *P. rhodozyma* yeast at 2% of the standard chow weight for 7 days, followed by dysbiosis induced with doxycycline at a dose of 1.5 mg/day/head for 7 days intragastrically on the 8th day); 4 – experimental group (animals simultaneously induced to dysbiosis with doxycycline at a dose of 1.5 mg/day/head for 7 days intragastrically and given the mentioned biomass of *P.*

rhodozyma yeast at 2% of the diet weight); 5 – experimental group (animals induced dysbiosis with doxycycline at a dose of 1.5 mg/day/head for 7 days intragastrically and fed the mentioned biomass of *P. rhodozyma* yeast at 2% of the diet weight from the 8th day). Animals were euthanised under ether anaesthesia on the 14th day after the start of antibiotic administration. The rectal contents were collected for analysis.

Samples of intestinal contents were collected after euthanasia and transferred to sterile tubes. The quantitative and qualitative composition of the gut microbiota in the samples was analysed using dilution and cultivation methods on selective media (Endo, Sabouraud, bismuth sulphite, Baird-Parker, Blaurock, blood agar). Microorganisms were identified on the basis of morphological, cultural, physiological and biochemical characteristics (Olkienitsky's and Simon's media). Statistical analysis of the results was carried out using Microsoft Excel and Student's t-test.

Results and discussion. The research results show that the amount of intestinal *Escherichia coli* in the rectal contents of rats in the first experimental group (animals with doxycycline-induced dysbiosis) increased by 2.11 log₁₀ CFU/g ($P < 0.025$) compared to animals in the control group (Table 1). The ratio between *E. coli* strains (lac⁺ and lac⁻) changed to (95:5) in animals of the first experimental group compared to the control (79:21). Doxycycline is a semi-synthetic antibiotic of the tetracycline class, derived from oxytetracycline. Doxycycline has a bacteriostatic effect and is active against a broad spectrum of Gram-positive (*Staphylococcus*, *Streptococcus*, etc.) and Gram-negative (*Meningococcus*, *Gonococcus*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Enterobacter*, etc.) bacteria. Our results show the effect of doxycycline on *Escherichia coli*, resulting in a redistribution of the ratio between *E. coli* strains with different fermentative activities.

With regard to *Streptococcus* and *Staphylococcus*, the dysbiosis induced by doxycycline in the rats resulted in an 89.33% ($P < 0.001$) decrease in their total number compared to the control group (26.53% of the total number of microorganisms). However, no pathogenic strains were detected. The amount of bifidobacteria and lactobacilli was within 10¹⁰ CFU/g. *Proteus* cells were not isolated from the gut contents and the amount of *Candida* species fungi decreased by 0.75 log₁₀ CFU/g.

These results suggest that doxycycline administration resulted in significant changes in the composition of the gut microbiota, characterised by a decrease in potentially beneficial bacteria such as *Bifidobacteria* and *Lactobacilli*, and a reduction in fungi of the *Candida* species. Furthermore, while there was a significant reduction in the total amount of *Streptococcus* and *Staphylococcus*, no pathogenic strains were detected, suggesting a potential resilience of the gut microbiota to doxycycline-induced dysbiosis.

Regarding the group of animals that consumed the biomass of *P. rhodozyma* KNH-1 in their diet before the induction of dysbiosis, it is worth noting that there was also a redistribution between *E. coli* strains with different enzymatic activity, with a ratio of 87:13. With regard to *Streptococcus* and *Staphylococcus*, under this scheme of *P. rhodozyma* yeast biomass utilisation in rats, their total amount decreased by 93.59% (P

< 0.001) compared to the control group and by 40% compared to the group with induced dysbiosis. However, no pathogenic strains were detected. The amount of bifidobacteria and *Lactobacilli* ranged from 10^8 to 10^{10} CFU/g.

These results suggest that consumption of *P. rhodozyma* KNH-1 biomass led to significant changes in gut microbiota composition, characterised by a decrease in potentially harmful bacteria such as *Streptococcus* and *Staphylococcus*. In addition, the shift in the ratio of *E. coli* strains indicates a potential modulation of the gut microbiota towards a healthier profile. The presence of *Bifidobacteria* and *Lactobacilli* within the normal range further supports the potential beneficial effect of *P. rhodozyma* KNH-1 biomass on the gut microbiota balance. However, further research is needed to elucidate the mechanisms underlying these observed effects.

Table 1. Composition of the microflora in the contents of the rectum of rats (M ± m, n = 10)

Parameters	Control	Experimental 1	Experimental 2	Experimental 3	Experimental 4
Total <i>E. coli</i> , CFU/g	$(2.91 \pm 0.35) \times 10^4$	$(4.27 \pm 0.31) \times 10^6$	$(3.20 \pm 0.43) \times 10^6$	$(4.03 \pm 0.23) \times 10^7$	$(4.03 \pm 0.23) \times 10^7$
log ₁₀ CFU/g	4.46 ± 0.05	6.57 ± 0.17*	6.81 ± 0.22	7.46 ± 0.26	6.25 ± 0.09
Normal fermenting (lac+), %	79.70 ± 2.17	95.33 ± 3.60	87.33 ± 2.92	99.96 ± 0.03	88.93 ± 2.15
Weakly fermenting (lac±), %	20.30 ± 2.17	4.67 ± 3.60	12.67 ± 2.92	0.030 ± 0.03	11.07 ± 2.15
Enterobacteria (lac-), CFU/g	$(0-2.2) \times 10^3$	$(2.6-3.4) \times 10^3$	$(0-1) \times 10^3$	$(8-23) \times 10^2$	$(3-7) \times 10^2$
Hemolytic strains, CFU/g	$(1-5) \times 10^4$	$(0-4) \times 10^4$	$(0-2) \times 10^4$	$(0-2) \times 10^4$	$(0-3) \times 10^4$
Staphylococci, CFU/g	$(2.00 \pm 0.58) \times 10^3$	$(3.97 \pm 0.75) \times 10^5$	$(2.83 \pm 0.21) \times 10^5$	$(4.67 \pm 0.45) \times 10^5$	$(3.67 \pm 0.35) \times 10^5$
- % of total microorganisms	26.53 ± 4.63	2.83 ± 0.81***	1.70 ± 0.30***	0.86 ± 0.30***	25.60 ± 4.60**
- of which pathogenic strains, %	0	0	0	0	0
Bifidobacteria, CFU/g	10^{10}	10^{10}	10^{10}	10^{10}	10^8-10^{10}
log ₁₀ CFU/g	10.00	10.00	10.00	10.00	9.33 ± 0.67
Lactobacilli, CFU/g	10^8-10^{10}	10^{10}	10^8-10^{10}	10^8-10^{10}	10^8-10^{10}
log ₁₀ CFU/g r	9.33 ± 0.67	10.00	8.67 ± 0.67	9.33 ± 0.67	9.33 ± 0.67
Fungi <i>Candida</i> , CFU/g	$(4.27 \pm 1.33) \times 10^5$	$(1.4 \pm 0.19) \times 10^5$	$(4.57 \pm 0.57) \times 10^5$	$(3.40 \pm 0.49) \times 10^5$	$(4.23 \pm 0.49) \times 10^5$
log ₁₀ CFU/g	5.58 ± 0.15	4.83 ± 1.03	5.50 ± 0.27	5.51 ± 0.10	5.55 ± 0.20

Regarding the group of animals in which the biomass of *P. rhodozyma* was supplemented together with the antibiotic preparation, it is noteworthy that the total amount of *Escherichia coli* in the rectal contents increased by 3 log₁₀ CFU/g compared to the control group and by 0.89 log₁₀ CFU/g compared to the group with experimental dysbiosis. The increase in *E. coli* cell count was mainly due to strains with normal fermentative activity, which accounted for 99.96% of the total *E. coli* count.

The amount of lactose-negative *Enterobacteriaceae* in this experimental group decreased to $(8-23) \times 10^2$ CFU/g compared to $(2.6-3.4) \times 10^3$ CFU/g in the first experimental group. As for *Streptococcus* and *Staphylococcus*, their amount in this

group was 0.86%, which was 96.76% and 68.61% less than in the control and the first experimental group, respectively.

These results indicate that supplementation of *P. rhodozyma* biomass together with the antibiotic led to significant changes in the composition of the gut microbiota. While there was an increase in the total amount of *Escherichia coli*, the dominance of strains with normal fermentative activity suggests a potential shift towards a healthier microbiota profile. In addition, the reduction in lactose-negative *Enterobacteriaceae* and the decrease in *Streptococcus* and *Staphylococcus* suggest a potential protective effect against dysbiosis-related conditions. Further research is needed to elucidate the mechanisms underlying these observed effects and to explore the potential of this supplementation strategy in the management of dysbiosis.

In the fourth group of animals, where dysbiosis was induced for 7 days followed by supplementation with *P. rhodozyma* KNH-1 biomass from day 8, the total amount of *Escherichia coli* in the rectal contents increased by 3 log₁₀ CFU/g compared to the control group, similar to the third group. It also increased by 0.89 log₁₀ CFU/g compared to the experimental dysbiosis group. The ratio between *E. coli* strains (lac⁺ and lac[±]) in this experimental group changed to (89:11) compared to the control (79:21). However, the amount of *Streptococcus* and *Staphylococcus* increased to 25.6% of the total microbial count, which was 89% higher than in the induced dysbiosis group ($P < 0.002$).

Conclusions. Based on these results, the supplementation scheme with *P. rhodozyma* KNH-1 biomass together with the antibiotic preparation for 7 days seems to be justified. This regimen resulted in a significant increase in the amount of *E. coli* with a predominance of strains with normal fermentative activity, indicating potential benefits for the gut microbiota balance. However, it is important to consider the observed increase in *Streptococcus* and *Staphylococcus*, which may require further investigation to assess potential risks associated with this supplementation approach.

References

1. Shoja, B., Ahmadi, A.R., Rafiee, F., & Manavi, N.P. (2012). Influence of probiotic yeast *Phaffia rhodozyma* on growth, survival and maturity of *Artemia urmiana*. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*, 3, 355-359.
2. Стефанишин, О.М., Нечай, Г.І., Борецька, Н.І., Гураль, С.В., & Цепко, Н.І. (2013). Профілактичний та корегуючий вплив кормової добавки каротиносинтезувальних дріжджів *Phaffia rhodozyma* на формування мікробіоценозу кишківника курей під час критичного періоду його становлення. *Біологія тварин*, 15(3), 125-131.
3. Stefanyshyn, O.M., Hunchak, A., Starchevskyy, V., & Salyhan, Y. (2023). Dendrorhous (*Phaffia rhodozyma*) by Vibration Resonant Low-Frequency Cavitator. *Chemistry & Chemical Technology*, 17(1), 188–194 DOI: <https://doi.org/10.23939/chcht17.01>.
4. Choi, J., Rahman, M.M., Lee, S.Y., Chang, K.H., & Lee, S.M. (2016). Effects of dietary inclusion of fermented soybean meal with *Phaffia rhodozyma* on growth, muscle pigmentation, and antioxidant activity of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16, 091–101. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v16_1_10.

5. Perenlei, G., Tojo, H., Okada, T., Kubota, M., Kadowaki, M., & Fujimura, S. (2014). Effect of dietary astaxanthin rich yeast, *Phaffia rhodozyma*, on meat quality of broiler chickens. *Animal science journal = Nihon chikusan Gakkaiho*, 85(10), 895–903. <https://doi.org/10.1111/asj.12221>.

Pavlo Sharandak, Iryna Kondratok

CLINICAL CASE: FELINE THROMBOEMBOLISM – FRAXIPARIN EXPERIMENT

National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, Ukraine

E-mail: psharandak@nubip.edu.ua; IrynaKondratok@gmail.com

Keywords: *feline thromboembolism, fraxiparin, thrombectomy, cardiopulmonary resuscitation*

Introduction. Feline arterial thromboembolism (FATE) [1] is a fatal condition in which a blood clot becomes lodged in the arteries. The most common site is the trifurcation of the aorta, but it can also occur in the renal, mesenteric or brachial arteries. The exact aetiology of FATE is unknown. It may occur as a complication of feline hypertrophic cardiomyopathy (FCCM). Approximately 12-21% of cats with FCCM can develop FATE [2, 3]. Other conditions that may be associated with FATE include pulmonary neoplasia and thyroid disease. The potential pathogenesis of FATE is thought to begin with heart disease causing abnormal blood turbulence, resulting in blood stasis and the subsequent formation of microclots in the left atrium. These microclots grow into large clots and all or part of the clot may be expelled from the heart and become lodged in the trifurcation of the aorta [4].

The classic clinical picture [5]: signs of CHF, paresis of the hind limbs with absent or weak pulse. Due to ischaemic myopathy, the limb muscles harden 10-12 hours after embolization, the paw pads are pale. Renal thrombosis causes lumbar pain, vomiting, progressive azotemia. Mesothelial thrombosis causes acute vomiting, diarrhoea, abdominal pain and shock. Cerebral thromboembolism may cause seizures, coma, acute vestibular signs and death.

The diagnosis is usually made by physical examination, but the thrombus can be visualised by ultrasound or non-selective angiography to confirm the diagnosis.

The prognosis for these animals is not good, but you can try to stabilise the condition and prevent new clots from forming. According to American guidelines, the main steps in treating this condition are to relieve pain, support heart function and prevent new blood clots from forming. However, if the blockage is in the renal, mesenteric or cerebral arteries, euthanasia is recommended.

The prognosis for these animals is not good, but you can try to stabilise the condition and prevent new blood clots from forming. According to American guidelines, the main steps in treating this condition are to relieve pain, support the heart and prevent new blood clots from forming. However, if the blockage occurs in the renal, mesenteric or cerebral arteries, euthanasia is recommended as it is unfortunately not possible to cure or alleviate this condition.

Materials and methods. Animal: An adult cat with sudden onset of hind limb

paresis, strong vocalisation and pain was admitted to a veterinary hospital.

Diagnosis: Pelvic and hind limb radiographs were taken using the Fujifilm FDR GO plus unit. The x-ray settings were 55 kV and 12 mA. Echocardiography was performed after shaving and application of ultrasound coupling gel. A right parasternal view (long and short axis) was obtained using a 5-9 MHz microconvex transducer attached to an ESAOTE ultrasound machine. Biochemical and general blood analyses were performed using ABAXIS and MICROCC-20PLUS automatic analysers. The portable electrocardiograph "REM" was used for ECG [6].

A 5-year-old mixed-breed cat was admitted to the veterinary clinic. According to the owner, the cat is healthy, has never been sick, is vaccinated and neutered. It went for a walk and returned the next day with a loud cry and limping hind legs. The owner took him to hospital immediately.

Results and discussion. According to the results of the clinical examination, there is paresis of the hind limbs, they are cold, stiff, glucose on the hind limbs is 5.3, on the front limbs - 16.8. The cat hisses, screams loudly, tachypnea ≥ 100 , tachycardia 230 bpm is noted. Rectal temperature is 35.7°C. The animal was immediately radiographed to detect the presence of pulmonary oedema and to rule out pelvic/hind limb trauma. Radiography confirmed cardiogenic pulmonary oedema. No injuries were found. The cat was immediately placed in an oxygen box for emergency treatment of pulmonary oedema and pain relief: furosemide 2 mg/kg IV every 4 hours, butorphanol 0.2 mg/kg, CBD (cannabidiol) per os 0.25 ml/cat and continuous 100% oxygen. After 1 hour, the animal's condition stabilised and it was decided to perform blood tests and an echocardiogram to confirm the presence of cardiac pathology (the main aetiological factor of thromboembolism in cats).

The results of blood tests specific for thromboembolism are shown in Table 1.

Table 1. Blood indices of cats with thromboembolism

Indicator	Result	Reference values
Albumin	26	22-44 g/l
Globulins	46	15-57 g/l
Total protein	75	54-82 g/l
ALP	201	10-90 U/L
ALT	162	20-100 U/L
Amylase	1387	300-1100 U/L
Bilirubin	6	2-10 $\mu\text{mol/L}$
Urea	13,4	3,6-10,7 mmol/L
Creatinine	123	27-186 $\mu\text{mol/L}$
Calcium	2.23	2.00-2.95 mmol/L
Phosphorus	1,73	1.10-2.74 mmol/L
Na ⁺	145	142-164 mmol/L
K ⁺	4,2	3.7-5.8 mmol/L
Glucose	16.8	3.9-8.3 mmol/L
Leukocytes	13.6	5.5-19.5 * 10 ⁹ /L
Lymphocytes	4.6	0.8-7 * 10 ⁹ /L

Erythrocytes	9.16	4.6-10 * 10 ¹² /L
Hemoglobin	126	93-153 g/L
Hematocrit	50	28-49%
Platelets	612	100-514 *10 ⁹ /L

Ultrasound showed a thrombus in the left atrium occupying ½ of its volume. The diagnosis was hypertrophic cardiomyopathy, stage B1. After the examination, an antithrombotic drug was prescribed - fraxiparin 100 IU/kg every 12 hours.

However, the doctors did not stop there and the decision was made to operate - thrombectomy of the heart. The cat was stable: the frequency of respiratory movements decreased to 46, appetite appeared, rectal temperature was 37.1 °C, vocalisation stopped, the animal was in a state of light sedation on the background of butorphanol.

The anaesthetic protocol included midazolam 0.3 mg/kg, fentanyl UTI 3 µg/kg/h, gas anaesthesia 2% + propofol until onset. Intercostal blocks at the incision site with bupivacaine. After surgery, the cat was transferred to the intensive care unit where it was connected to a ventilator and vasopressors were administered: dobutamine 10 µg/kg/min and isotonic crystalloid - Ringer's lactate. Sodium bicarbonate 84 mg/kg was administered to prevent possible azotemia. It was noted that after the operation the hind limbs became "soft", they could be bent - although at the initial examination they were "petrified".

A urinary catheter was placed to drain the urine and a closed collection system was connected to measure the volume. Rubber warmers and blankets were used to restore body temperature. An ECG and pulse oximeter were connected: sinus rhythm, complexes in the normal range, oxygenation 97%. After 3 hours, the cat developed a palpebral reflex, attempting to inhale on its own. Body temperature was measured through the mouth in the oesophagus: 37.1°C. However, the 'signs of life' disappeared as quickly as they had appeared. In the morning, the cat was on a respirator, the indicators were stable, but it did not regain consciousness, the eyelid reflex disappeared, it did not respond to painful stimuli. Ischaemia and brain death were diagnosed. In the morning, the owners decided to euthanise him.

Conclusions. Arterial thromboembolism occurs in 25-48% of cats with cardiomyopathy. It may be asymptomatic or present with obvious signs of heart failure. The main signs of the pathology depend on where the thrombus is lodged and the prognosis of the animal also depends on this factor. The recommendations of American doctors for the treatment of this pathology include the use of streptokinase, as an analgesic: butorphanol, oxymorphone, buprenorphine, to prevent the formation of blood clots: unfractionated heparin or low molecular weight heparin. Monitor blood potassium and creatinine levels and be prepared to treat acute hyperkalemia. When the animal's condition improves, before discharge home, heparin can be changed to an anticoagulant tablet – for example clopidogrel – 18.75 mg/cat for life [7].

References

1. Hassan, M.H., Abu-Seida, A.M., Torad, F.A., & Hassan, E.A. (2020). Feline aortic thromboembolism: Presentation, diagnosis, and treatment outcomes of 15 cats. *Open veterinary journal*, 10(3), 340–346. <https://doi.org/10.4314/ovj.v10i3.13>.
2. Fox P.R. (1996). Feline cardiomyopathies. In: Sisson D., Moise N.S., editors. In: *Textbook of canine feline cardiology*. Philadelphia, PA: WB Saunders; p. 621–678.
3. Borgeat, K., Wright, J., Garrod, O., Payne, J. R., & Fuentes, V. L. (2014). Arterial thromboembolism in 250 cats in general practice: 2004–2012. *Journal of veterinary internal medicine*, 28(1), 102–108. <https://doi.org/10.1111/jvim.12249>.
4. Nakamura, M., Yamada, N., & Ito, M. (2017). Novel Anticoagulant Therapy of Venous Thromboembolism: Current Status and Future Directions. *Annals of vascular diseases*, 10(2), 92–98. <https://doi.org/10.3400/avd.ra.17-00015>.
5. Chuang, Y. J., Swanson, R., Raja, S. M., & Olson, S. T. (2001). Heparin enhances the specificity of antithrombin for thrombin and factor Xa independent of the reactive center loop sequence. Evidence for an exosite determinant of factor Xa specificity in heparin-activated antithrombin. *The Journal of biological chemistry*, 276(18), 14961–14971. <https://doi.org/10.1074/jbc.M011550200>
6. Ettinger, S.J., Feldman, E.C., & Cote E. (Eds.) (2024). *Ettinger's Textbook of Veterinary Internal Medicine*. 9th Edition, Elsevier. ISBN: 9780323779319.
7. Drobatz, K.J., Macintire, D.K., Haskins, S.C., Saxon, W.D. (2012). *Manual of Small Animal Emergency and Critical Care Medicine*. John Wiley & Sons, Inc., ISBN: 9780813824734.

Iryna Tkachova

GENETIC RESOURCES OF HORSES IN UKRAINE AND DIRECTIONS OF THEIR EFFECTIVE USE

*Livestock Farming Institute of the National Academy of Agrarian Sciences,
61-026 Kharkiv, Ukraine
E-mail: tkachova_i@i.ua*

Keywords: *horses (Equus caballus), Ukrainian breeds, gene pool*

Introduction. Horses have played a central role in human civilisation for thousands of years, not only as companions and working animals, but also as essential contributors to agriculture, transport and sport. In Ukraine, a country with a rich equestrian heritage, different horse breeds have developed, each adapted to specific environmental conditions and cultural practices. The genetic resources of horses in Ukraine include a wide variety of breeds, including indigenous and imported types, which possess unique traits that can be utilised for various purposes, such as sport, leisure, agriculture and therapeutic applications. The effective use of these genetic resources is crucial for the sustainability of horse breeding and management in Ukraine. As global equestrian demands evolve, understanding the genetic diversity within horse populations is essential for breeding programmes aimed at improving performance, health and resilience. In addition, the conservation of genetic diversity is essential to improve the adaptability of horse breeds to changing environmental conditions and potential disease challenges.

The most important task of any animal husbandry is to supply the market with domestic products. Horse breeding is not only one of the traditional branches of the

Ukrainian agricultural sector, but it is also the subject of biodiversity conservation, as defined by the International Food Organisation FAO [1, 2, 3] and the laws of Ukraine. However, with the beginning of economic reforms in Ukraine, including its agricultural sector, the population of horses in Ukraine has experienced a significant reduction - almost 50% over the past 28 years, mainly due to the imperfect infrastructure of horse breeding and equestrian sports.

Materials and methods. The research material was a database of horse breeds of the Ukrainian population, created on the basis of data from breeding records and the results of an expedition survey of the gene pool. Scientific and methodological approaches were based on zootechnical and genealogical analysis of the horse population.

Results and discussion. Purpose of the work – to show the current state of horse breeding in Ukraine and to give a detailed description of genetic resources used for improvement of horse breeds of different areas of use. Of the total number of horses, about 80% are kept in the agricultural sector, so the basic direction of their use is the worker-user. At the same time, there is a growing public interest in horses of various breeds and types for sport, recreation and entertainment: agrotourism, hobby riding, hippotherapy, etc. With increasing export opportunities of horsemeat, promotion of kumys in health-medical spheres, the relevance of breeding of draught horses returned rock.

In the beginning of 1990 Ukraine had 754 thousand horses, there were 11 state stud farms, 4 hippodromes, 132 tribal horse farms, equestrian centres, schools and clubs. If in the first years of independence (1990-1999) a number of horses has changed a little, but in the future (especially since 2003) the domestic horse breeding, like most other animal industries, has undergone a significant reduction that continues for today.

The current number of horses is unevenly distributed among the regions of Ukraine. Thus, according to the statistics, the largest number of horses is kept on farms of various forms of ownership in Volyn region (19.5% of the total number of horses in Ukraine), and the smallest – in the Luhansk region (0.5%). By geographical areas of Ukraine the largest number of horses is kept in the western region (63.2%), less – in the central region (27.5%) and the lowest – in the south-eastern region (9.3%).

The structure of the redistribution of the number of horses in agricultural holdings and farms changed. Thus, if at the beginning of political and economic separation of Ukraine (1991) the main horses – 700,9 thousand horses (93,0%) were kept in agricultural enterprises, in state and cooperative property, today most of the stock moved into private property of the population and that connected with distribution of land and property.

In addition to the positive aspects of this transition, there are a number of negative ones: uncontrolled reproduction, distribution abroad and inefficient use of the best selection material, inhibition of the selection process of breeding and using

horses and low economic benefit or loss of use of horses in different business areas, often improper monitoring and more.

Improving the quality of horses in all areas of use is only possible with a strong breeding base. The total gene pool of pedigree horse breeding in Ukraine consists of 12 species (Figure 1).

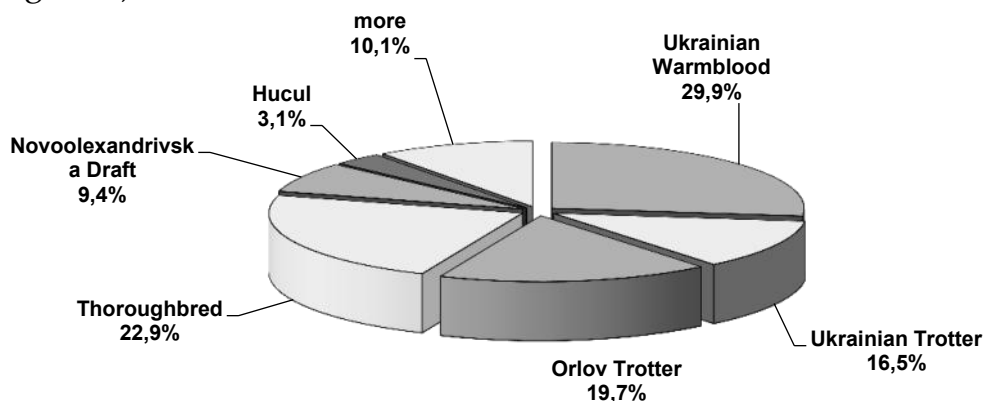


Figure 1. Densities of horse breeds, zoned in Ukraine

The most common breeds in Ukraine are traditionally Ukrainian Warmblood, Thoroughbred, Ukrainian and Orlov Trotter, Novooalexandrivska Draft, Hucul. Other breeds (Westphalian, Traken, Arabian, Budyonivska, Hanoverian, Belgian warmblood and others) account for less than 10%.

The most numerous breed of horses is the domestic - Ukrainian Warmblood (Figure 4). Work on creation and improvement of Ukrainian Warmblood in Ukraine is carried out with 1952. Species of sports efficiency directly created by the reproduction of complex genetic crossbreeding systems involving Russian riding horse, thoroughbred horse, Trakenen, Hungarian, Arabian, Hanoverian horse breeds. Horses of Ukrainian riding breed are characterised by high growth, have developed body, balanced composition of body structure, strong constitution. They have proportional head, long neck with a high yield, deep and broad chest, the level of average length of the back and lower back, long wide normal inclination of the croup, strong limbs of correct posture, energetic temperament, productive movements at various temptations, high ability to assimilate elements of higher riding school. Average dimensions stallions bulls (cm): 167,5-168,0-195,4-21,0; females: 163,8-164,0-192,8-20,3.

Due to their inherent qualities, horses meet the high requirements of classical types of equestrian sports, horses are used as a hobby class. Breeding Ukrainian warmblood in 6 studs: OOO "Kharkiv stud", Lozovsky, Alexandriysky, Derkulsky, Dnipropetrovsk studs and 11 breeders.

Over the past few years, the rating of the breed, based on the results of our riders' performances at international competitions in classical equestrian sports, has not improved significantly. The main problem of domestic sport horse breeding is an imperfect system of equestrian sport, which used to be the world's priority. Today, the Federation of Equestrian Sports is inactive, the riding school has been closed

down, the tradition of training local riders and trainers, who were able to realise the genetic potential of domestic horse breeding, has been lost. That is why a small number of outstanding Ukrainian riders prefer horses trained in Europe.

This has been accompanied by significant achievements. Ukrainian riders entered the European Equestrian Federation (FEI) rating on riding horses of domestic breeding. For the first time since Ukraine's independence, a national dressage pair appeared at the Olympic Games (London 2012, UK) (S. Kyselova and Paris (PIs), born at the Lozivsky Stud). For the last three years Ukrainian riders have repeatedly participated in international competitions of high level, winning prizes, including abroad.

Breeding work with the breed is aimed at preserving the characteristics of the breed, its original type, external improvement, improvement of breeding qualities, increase of sport efficiency. This is planned to be achieved primarily through the widespread use of pure-bred stallions typical for the breed, whose ancestors can be found in the pedigrees of the Orlov-Rostopchin breed (with comparative consanguinity within 1/8 - 3/16 and more).

Breeding of Ukrainian warmbloods is profitable under the conditions of breeding technology, feeding, training and production tests for motor and jumping qualities. Horses of Ukrainian riding breed because of the original type, good external form, high sports efficiency has wide demand for breeding, equestrian sports, rent and export.

Thoroughbred horse - the world's leading as the best breed of the prize directly. More than 300 years ago by crossing local mares with stallions of eastern origin (Barbary, Turkish, Arabian) were obtained riding horses with high level of vitality and remoteness in flat horse racing. This breed is recognised as an improver of many riding horse breeds due to its outstanding working quality and the sustainable transfer of its offspring. In Ukraine, this breed horses bred from the XVIII century and the modern structure of breeds takes 14.3%. During the whole period of breeding the genealogical composition of the breed changed under the pressure of import of stallions of imported breeding. There are 478 thoroughbred horses, including 180 breeding mares, in domestic breeding studs and reproducers.

Since the breeding of Thoroughbreds can only be done with pure lines, a perfect genealogical structure contributes to the progress of the breed and it's proven international experience. Recent years have seen the emergence of a wide variety of Thoroughbred horses. Increasingly the use of dilution method - cross-lines and, consequently, less used inbreeding on proven, which are valuable to our conditions representatives of the breed.

Today in Ukraine there is an active development of two lines of thoroughbred horses – Northern Dancer and Native Dancer, whose members have the highest rates of liveliness. At the same time, valuable long-distance lines have been lost, whose representatives are more versatile in efficiency, stronger by constitution and highly adaptable. Intensification of selection - a necessary condition for the cultivation of the

purebred breed, especially if the aim is to significantly improve the efficiency and quality of breeding horses, which would allow the domestic horse population to compete with horses from other countries.

Novoalexandrivsky Draft are the national property and gold fund of Ukrainian horse breeding. Work with draft breeds in Ukraine started in 1868, in the further formed several breed types of heavy-duty horses. Since 1960, work with the type of Novoalexandrivsky Draft has been focused on transforming the type into a new breed, which was approved in 1998.

More than twenty representatives of the breed received the title of champion. Stallion package carried cargo as 24 tons 5 m 55 cm Tambur – set a record in endurance among draft animals breed (carried cargo 9.4 tons per 1147 m). Horse Heraldry – USSR record holder in trot carrying cargo – has covered the distance of 2000 m with a tractive force of 50 kg for 5 min. 20.4 sec. In tests for maximum traction, the mare Lyubimitsa showed a tractive force corresponding to the weight on the wheels of 31 tonnes.

Modern representatives of the Novoalexandrivsky draft – a horse of correct exterior, massive, harmoniously composed, dry strong constitution, energetic and at the same time has balanced temperament, high efficiency, various viability and high reproduction rates. Average measures of stallions – 154-165-207-23,5 cm; mares – 150-159-193-21 cm).

In recent years, the demand for breeding young Novoalexandrivsky Draft breed is growing, as evidenced by the steady sales. This is not surprising, because Novoalexandrivsky Draft by simplicity, haste, high efficiency, balanced temperament, elegant form is popular farm horse. One of the areas of cost-effective draft breeding - productive, because due to high energy of growth, young 1.5 years on live weight reaches 75% of the adult horse, up to 3 years is almost complete their development. Quality horses for slaughter Novoalexandrovsky Draft horses breed higher than other breeds of horses at slaughter in the optimum periods (1.5, 2.5, 3.5 years) carcass yield is 51.1%.

Novoalexandrivsky Draft is characterised by high milk production – from mares during lactation is obtained to 2500-3000 kg of milk, and they are able to actively lactate up to 15 years of age. In connection with ecologically unstable situation in some regions of Ukraine and manufacturing industry koumiss-production and dried mare's milk for the fields of medicine, cosmetics, nutrition becomes perspective direction in terms of equipment specialised farms on an industrial basis, staffed by high uterus Novoalexandrivsky Draft breed.

Oryol trotter breed created in XVIII-XIX centuries. At the Khrenovskoy stud farm in the Voronezh region of the graph A.G. Orlova by complex of reproductive crossbreeding the best at that time of horse breeds – Arabian, Danish, Dutch, English thoroughbred, Mecklenburg and others. Modern Orlov trotter - a large, harmoniously built, brave horse with a peculiar beauty of form, with a dry head, long, arched neck, high withers, broad back, muscular small of the back, wide croup, dry feet.

Efficiency of Orlov trotters is high enough, some members successfully compete on the racetrack with a lively Russian, American and French trotters. The number of Orlov trotters in breeding farms is 500 heads, including 260 mares. Average liveliness of stallions – 2,08,9; mares – 2,20,4. Average measurements of stallions: 162,1-164,9-187,3-20,7; mares: 160,5-162,6-184,6-20,0. The most widespread breed in the presence of stallions and uterus have Pion line, Pilot, Otboy, Ispolnitelnyy, Barchuk.

The uniqueness of the Orlov trotter breed requires thoroughbred breeding with the help of cross-breeding lines for the improvement of the calibre, typicality, elegance, while maintaining the adaptability and high efficiency.

The Ukrainian trotter breed was created by crossing Orlov trotter mares with American standard stallions. The first attempts at crossbreeding, carried out in the late nineteenth century, showed that the mass of local youngsters have higher liveliness than purebred Orlov trotters, the challenge to expand the supply of American standardbred stallions and their intensive use. Since 1927, purposeful work with Orlov-American hybrids to create a national trotting breeds based on backcross hybrids of Orlov trotters and reproductive crossbreeding. As a result of the selection of lively and desirable types and many years of breeding work, a breed has been created that meets the requirements of horse breeding improvement with a high level of vitality.

Characteristics of Ukrainian trotter: large stature, strong dry constitution, straight back, sufficient length and depth of chest, well filled with lower back, right limb structure, strong tendons and ligaments of joints.

Today in Ukrainian trotters in the subjects of breeding is about 400 horses, including 250 mares. Average liveliness of stallions – 2,03,5; mares – 2,11,1. Average measurements of stallions: 161,0-163,9-189,0-20,7; mares: 160,8-162,9-185,0-20,1. The most widespread breed in line Volomite and Scotland with numerical branch.

In the current conditions of breeding Ukrainian trotting breed for the main purpose of its efficiency, gaining importance due to increased focus on the breed running sports.

Hucul breed – native mountain horse breed. The Hucul horses are native to the Hucul region of the Eastern Carpathians (the territory of modern Ukraine, Romania and Poland). The ancestors of the breed are considered to be Tarpan of mountain type. It is also believed that the breed was created by crossing local Bukovina and Galician horses with Noric, Pinzgau, Arabian and some Hungarian stallion breeds. The first mention of Hucul horses dates back to 1603. In 1856 the Luchina (Luczina) stud farm was built near the Radovetskoh stud farm – the first to breed Hucul horses. During the Austro-Hungarian Monarchy, whose power extended to the original area of residence of the Hucul horses, they were subjected to systematic selection for use in the cavalry. The oldest line of Hucul horses dates back to the same period. In 1915, the herds of Hucul horses were transferred to Waldorf (Austria). After the war and the collapse of the Austro-Hungarian Empire, the centres of Hucul horse breeding moved to Ukraine, Romania, Slovakia and Poland. Since 1979, the Hucul horses have been

protected by the Fund of Rare Local Animals and Primitive Breeds. For this purpose, the International Federation of Hucul Horses (HIF) was founded in 1994, to which Ukraine belongs.

Hucul horses are low, the average height at the withers of stallions – 139-145 cm, mares – 137-142 cm. Horses have strong physique, expressive head with large eyes and small mobile ears, deep and wide chest, well developed croup, strong back, muscular and strong neck. The hooves are small and strong - Hucul horses usually do not need shoeing. Suit bay with a dark band on the back can also be black, red, grey, blue. Method of breeding Hucul horses - purebred according to the main types: the original (primary), riding horse, carriage horse. Lines used in Ukraine: Grobi, Goral, Gurgul, Ousor, Pietrosu. The leading tribal reproducer of the Hucul breed in Ukraine is the Transcarpathian region.

Hucul horses are well adapted to work in mountainous areas and can be used for mountaineering. In recent years, they have gained great popularity in hippotherapy centres because of their calm temperament, short stature and very comfortable movement quality for the rider.

The horse breeding industry, like other livestock industries, certainly needs and is capable of being competitive, profitable and self-financing. However, in times of economic crisis, when the market for domestic products is slowing down, maintaining and improving the number of animals requires government subsidies, which are widely used in countries with developed livestock industries. In Norway, 63% of the agricultural sector is supported by the state, in Switzerland – 56.6%, Japan – 55.9%, Korea – 53.8%, China – 17%, Canada – 14.3% [2].

Competition horses of foreign selection with domestic, few in number but well adapted to economic and climatic conditions in different regions of Ukraine, social and economic restructuring, changes in ownership, economic crisis and other factors identified problem of saving valuable breeds of domestic selection is particularly important. From the solution of this question depends the fate of horse breeds traditionally bred in our country for many years, especially the species created in Ukraine, which are characterised by the best features inherent in horses of the world gene pool. For the improvement of horse breeds with a limited breeding nucleus it is of special importance to determine the optimal age and sex-genealogical structure, to introduce complex selection, processing, genetic, climatic, social and economic factors influencing the formation of lines and farm types on the basis of pure breeding and crossbreeding with the best representatives of the world gene pool.

Horses of Ukrainian selection recently became Olympic champions and enjoyed great popularity both in domestic and foreign markets. Loss of the breeding base will cause that it will take many years and huge amounts of money to restore, and most importantly - will be lost valuable experience of domestic horse breeding, its ancient traditions, numerically small scientists, belief of people in using their life deal to the country.

Conclusions. Different requirements for horses cause the need for selection methods to obtain the most preferred types and groups of horses that satisfy certain needs of the population, attracting reliable investors to implement programmes that will ensure the maintenance of competitive horse breeding in Ukraine the basis of social and economic conditions.

The profitability of horse breeding will depend primarily on the intensity of infrastructure development of Ukrainian areas, which will occupy a significant position of sport, leisure and recreation. In case of equestrian sports, tourism, horseback riding, koumiss-production and other promising areas of horse use, the number of horses in all categories of farms will increase and quality will improve, the perspective and enrichment of genetic diversity of the field of new breeds and types of horses for various use is seen.

References

1. Scherf, B., & Pilling, D. (2009). Basic demographic data – a prerequisite for effective management of animal genetic resources. *Animal Genetic Resources Information*, 44, 1-6. doi:10.1017/S1014233900002819.
2. 61st Annual Meeting of the European Association for Animal Production, August 23-27, 2010 [online]. Heraklion-Crete Island, Greece. [accessed 08 Month 2018 Year]
3. FAO. 2010. Breeding strategies for sustainable management of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines. No. 3. Rome, pp 155. ISBN 978-92-5-106391-0. Available at: <http://www.fao.org/docrep/012/i1103e/i1103e00.htm> (English version); <http://www.fao.org/docrep/012/i1103s/i1103s.pdf> (Spanish version). *Animal Genetic Resources/Ressources génétiques animales/Recursos genéticos animales*. 47, 138-139. doi:10.1017/S2078633610001086.

Sergii Zinoviev¹, Maria Pushkina¹, Svitlana Manyunenko¹, Oleksii Khorolskyi² QUALITY OF PIG PRODUCTS WITH THE USE OF PHYTOADDITIVES

¹*Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of NAAS,
1 Shvedska Mohyla str., 36013 Poltava, Ukraine;*

²*Polava V.G. Korolenko National Pedagogical University,
2 Ostrogradskogo str., 36000 Poltava, Ukraine*

E-mail: kvazimodo2077@gmail.com; azulaniakris@gmail.com

Keywords: *pigs, phytobiotic, biostimulant, productivity, meat qualities*

Introduction. The widespread and uncontrolled use of antibiotics in animal nutrition poses a real threat of human health problems and the development of drug resistance in farm animals, which will ultimately lead to a reduction in their productivity. However, their use is necessary when there is a high risk of spreading infection due to poor management, inadequate hygiene or an unfavourable environment [1, 2, 3].

It has been proven that the combined use of organic acids and essential oils has a complex effect aimed at reducing the amount of pathogenic microflora and maintaining the saprophytic flora. The combination of these ingredients promotes the penetration of organic acids through the cell membrane of bacteria, thereby increasing

its permeability and allowing acids to be degraded in the intestine, and the bactericidal and fungicidal effects of essential oils are enhanced in a slightly acidic environment [4, 5].

In animal nutrition, the use of phytogenic feed additives (phytobiotics, phytopharmaceuticals, phytocorrectors or phytogenics) is recommended to increase productivity. According to their biological origin and chemical composition, they are divided into four groups: herbs (flowering non-woody plants), spices (herbs with an intense smell or taste), essential oils (plant extracts containing volatile lipophilic compounds) and oleoresins (extracts obtained by non-aqueous solvents) [4-7].

Phytobiotics do not normally provide nutritional value to animals, but they have a number of properties that can potentially improve feed conversion, thereby contributing to increased animal productivity and feed quality [4,5]. Phytobiotics have been shown to stimulate endocrine glands and enhance nutrient absorption, thereby reducing the levels of pathogenic and opportunistic microflora in the gut. Phytobiotics also regulate the work of the digestive glands, create conditions for the competitive growth of beneficial microflora, stabilise acidity and improve the process of nutrient absorption [6,8,13,14].

Studies carried out at the Institute of Pig Breeding have shown that it is advisable to feed *Silybum marianum* supplements to highly productive animals to prevent liver damage and regenerate its cells after antibiotic treatment. The use of phytogenics based on *Echinacea pallida* contributes to an increase in the multiplicity of sows by 3-9%, the weight of the nest at weaning at 45 days by 21-28%. It increases the average daily weight gain of suckling piglets by up to 16% and the indicator of their safety by 2-4%.

The use of phytobiotics also has a positive effect on product quality [13,14]. Therefore, the study of a complex natural biostimulant with phytobiotic activity on pig productivity and meat quality is relevant.

Aim of the study. To study the effect of the use of a complex natural biostimulant and immunocorrector of phytobiotic action on the productivity and meat quality of pigs.

Materials and methods. The research was conducted in accordance with the international principles of the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experiments and other Scientific Purposes (Strasbourg, 1985) [15] and Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes [16].

Based on the analysis of data from domestic and foreign literature, we have developed a recipe of phytocomposition for fattening young animals ("Phytomix B") – stinging nettle leaves (folium *Urtica dioica* L.), birch leaves (folium *Betula alba* L.), yarrow grass (*Achillea millefolium* L.), thyme (*Thymus serpyllum* L.), stevia (*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Hemsl.).

The harvested phytomaterials were processed into a suitable additive using a mini-feed mill and a granulator.

Feeding programmes and compound feed recipes were developed for differentiated application of the developed experimental phytoraw preparations at different stages of pork production technology [17].

The experiment was carried out on the basis of SE "DG "Stepne" in large white breed pigs. For this purpose, two groups of 24 young pigs were formed. The average weight was 11.20 ... 11.24 kg.

Animals in the control group received a diet consisting of soya cake – 10%, sunflower meal – 6%, full-fat extruded soya beans – 6%, maize – 15%, barley – 30%, wheat – 30% and 3% premix. 0.75% of the phytopreparation "Phytomix B" by weight of the diet was added to the diet of the experimental group.

The change in live weight of the pigs was monitored monthly by weighing them individually in the morning before feeding for two consecutive days. From these data, absolute weight gain and growth energy were calculated. For a more detailed study of the effect of the feed additive "Phytomix B" in the diets of fattening pigs, four pigs from each group were slaughtered and their carcasses were subsequently boned. The carcass weight, carcass length, fat thickness and muscle eye area were determined after control slaughter, taking into account the pre-slaughter live weight and slaughter yield of the pigs. The morphological composition of the carcass was determined on the basis of deboning data from carcasses chilled for 24 hours according to the scheme used in sausage production [18]. The content of water, protein, fat and ash in the longest back muscle was determined according to current legislation and methods [19-22].

The statistical processing of the data obtained was carried out using Microsoft Excel and Statistica programmes, after checking the normality of their distribution using the Shapiro-Wilk W test and the Liliefors test. The following descriptive statistics indicators were calculated: mean and its error ($M \pm m$), confidence interval (95% CI), standard deviation (S) and coefficient of variation (Cv) for the sample. The probability of difference (p) was calculated using analysis of variance (ANOVA) [23].

Results and Discussion. The inclusion of "Phytomix B" in the diet of pigs during the rearing and fattening period had a positive effect on the absolute and relative rate of their growth. With almost the same initial weight of piglets in the control and experimental groups (11.20 ... 11.24 kg), the intensity of their growth during the experiment was different. Thus, in the control group, the average daily weight gain over the entire experimental period was 537.20 g, and in the experimental groups whose diets were enriched with a phytopreparation, the weight gain was 5.94% higher.

In order to study the meat productivity of the experimental pigs after reaching a live weight of 100 kg, a control slaughter of 4 animals from each group was carried out, followed by boning, analysis of the morphological composition of the carcasses and some chemical indicators of the muscle tissue. The results of the control slaughter indicate a positive effect of the addition of "Phytomix B" to the diet of the animals (Table 1) on fattening and meat quality, largely due to the intensity of their growth.

Table 1. Results of control slaughter of pigs

Indicator	Group	
	I-K	II-D
Pre-slaughter weight, kg	100.25 ± 0.78	100.00 ± 0.54
Weight of the carcass, kg	67.00 ± 0.73	67.35 ± 0.52
Carcass yield, %	66.83 ± 0.34	67.34 ± 0.16
Mass of internal fat, kg	2.62 ± 0.13	2.49 ± 0.14
Yield of internal fat, %	2.61 ± 0.12	2.49 ± 0.15
Slaughter weight, kg	69.62 ± 0.83	69.85 ± 0.51
Slaughter yield, %	69.44 ± 0.43	69.85 ± 0.16
Carcass length, cm	98.25 ± 0.75	99.75 ± 0.63
Thickness of lard, mm	38.50 ± 0.87	35.50 ± 0.64*

The groups of pigs to which the phytopreparation was added had higher growth energy during fattening and better slaughter performance. For the same pre-slaughter live weight, the carcass yield of pigs in these groups was 0.41% higher than that of animals in the control group. It should be noted that the carcass length of the pigs in the experimental group was 1.50 cm greater than that of the control group and the thickness of the fat was 3.00 mm less ($P < 0.05$).

The data on the morphological composition of the carcasses (Table 2) indicate that the introduction of the phytomix "Phytomix B" into the pigs' diet had an overall positive effect on the ratio of edible and inedible parts of the pig carcasses.

Table 2. Morphological composition of carcasses

Indicator	Group	
	I-K	II-D
Mass of chilled carcass, kg	66.50 ± 0.70	66.82 ± 0.53
Weight of meat, kg	39.45 ± 0.69	40.52 ± 0.45
Meat yield, %	59.32 ± 0.50	60.64 ± 0.20*
Fat mass, kg	17.24 ± 0.22	16.58 ± 0.05*
Fat yield, %	25.94 ± 0.52	24.82 ± 0.22
Weight of bones and tendons, kg	9.81 ± 0.18	9.72 ± 0.10
Yield of bones and tendons, %	14.74 ± 0.14	14.54 ± 0.09
Yield per 1 kg of bones and tendons:		
– meat, kg	6.05	6.24
– fat, kg	1.76	1.71
The area of the "muscle eye", cm ²	33.93 ± 0.78	34.48 ± 0.51

The amount of meat and fat in the carcasses was 56.69 kg or 85.26% in the control group and 57.10 kg or 85.46% in the experimental group, i.e. 0.2% more. The meat content was 1.32% ($P < 0.05$) higher and the fat content 1.12% ($P < 0.05$) lower in the carcasses of pigs from the experimental groups. The area of the "muscle eye", which

characterises the conformation of the carcasses, was 1.62 times greater in the experimental group than in the control group.

Thus, in the experimental group, there is a greater increase in the mass of the carcass due to its most valuable part, the muscle tissue. This was also reflected in the meat yield per 1 kg of bone and tendon in the carcasses of pigs in the experimental group, which was 3.14% higher than in the carcasses of pigs in the control group (6.05 kg). At the same time, the fat yield per 1 kg of bones and tendons from the carcasses of pigs in the experimental group was 2.84% lower than in the control.

The analysis of the longest back muscle showed that Phytomix B also contributed to the improvement of meat quality (Table 3). Thus, in the meat of pigs from the experimental group, compared with the control group, there was a reduction in the water content and an increase in the dry matter content, mainly due to the accumulation of protein in it, with a slight tendency to reduce the fat content and almost the same amount of ash elements. If the meat from the pigs in the control group contained 75.34% water, 18.24% protein and 5.37% fat, then the meat from the pigs in the experimental group contained 74.24%, 19.37 and 5.32% respectively. The improvement in the quality of the meat of the pigs in the experimental group, due to a decrease in its composition of water, partially fat and an increase in protein, is consistent with the level of protein metabolism and suggests that the activation of protein synthesis in muscle tissue is accompanied by an inhibition of lipid deposition in it.

Table 3. Chemical composition of the longest back muscle of pigs

Indicator	Group	
	I-K	II-D
Total moisture, %	75.34 ± 1.21	74.24 ± 0.67
Protein, %	18.24 ± 0.37	19.37 ± 0.48
Fat, %	5.37 ± 0.14	5.32 ± 0.16
Ash, %	1.06 ± 0.01	1.07 ± 0.02

Thus, the results of the research allow us to state that the introduction of the phytomix "Phytomix B" into the diet of pigs contributes to an increase in the growth rate of pigs, an increase in the weight of the carcass due to its most valuable part - muscle tissue, an increase in the protein content of the meat and a decrease in the fat content. In other words, the increase in the weight of the experimental pigs observed with the inclusion of "Phytomix B" in their diet is due to the prolongation of their "metabolic youth", which reduces the fat content in the meat and increases the accumulation of proteins. The pigs in the experimental group, unlike the control group, continued to grow intensively and did not "fatten up", which ensured better feed conversion.

Conclusions. The use of the phytopreparation "Phytomix B" in the diet of pigs at a dose of 0.75% of the feed weight contributes to an increase in average daily weight

gain of 5.94%. In the case of fattening pigs, the inclusion of the phytomix "Phytomix B" in the feed increases the weight (by 0.5%) and the length of the carcass (by 1.50 cm), reduces the thickness of the fat (by 3.00 mm), increases the area of the "muscle eye" (by 1.62%), the meat content - by 2.71%, and reduces the yield of fat, bones and tendons.

The use of herbal remedies in pig breeding helps to increase pig productivity and improve product quality. This can be used to produce pork suitable for the production of a high quality meat product.

References

1. EMA, EFSA (2017). European Medicines Agency and European Food Safety Authority Joint Scientific Opinion on measures to reduce the need to use antimicrobial agents in animal husbandry in the European Union, and the resulting impacts on food safety. *EFSA Journal*, 15, 1–245.
2. Karpinska, N. (2021). Legal characteristics of the use of veterinary and sanitary measures in animal husbandry. *Enterprise, economy and law. Agrarian Law*, 4(21), 127–137. <https://doi.org/10.32849/2663-5313/2021.4.19>.
3. Antimicrobial Resistance Collaborators (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet (London, England)*, 399(10325), 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0).
4. Gheisar, M.M. & Kim, I.H. (2018) Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review. *Italian Journal of Animal Science*, 17(1), 92–99. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1350120>.
5. van der Klis, J.D. & Vinyeta, E. (2014). The potential of phytogenic feed additives in pigs and poultry. Proceedings of the Congress of the European Society of Veterinary & Comparative Nutrition; Utrecht, The Netherlands. 11–13 September 2014. <https://doi.org/10.13140/2.1.3111.3602>.
6. Wang, M., Huang, H., Hu, Y., Liu, Y., Zeng, X., Zhuang, Y., Yang, H., Wang, L., Chen, S., Yin, L., He, S., Zhang, S., Li, X., & He, S. (2020). Effects of dietary supplementation with herbal extract mixture on growth performance, organ weight and intestinal morphology in weaning piglets. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 104(5), 1462–1470. <https://doi.org/10.1111/jpn.13422>.
7. Dávila-Ramírez, J. L., Munguía-Acosta, L. L., Morales-Coronado, J. G., García-Salinas, A. D., González-Ríos, H., Celaya-Michel, H., Sosa-Castañeda, J., Sánchez-Villalba, E., Anaya-Islas, J., & Barrera-Silva, M. A. (2020). Addition of a Mixture of Plant Extracts to Diets for Growing-Finishing Pigs on Growth Performance, Blood Metabolites, Carcass Traits, Organ Weight as a Percentage of Live Weight, Quality and Sensorial Analysis of Meat. *Animals: an open access journal from MDPI*, 10(7), 1229. <https://doi.org/10.3390/ani10071229>.
8. Antonik, I.I., Tkaczenko, H.M., Lukash, O.V., Kurhaluk, N.M., & Nedosekov, V.V (2023). Essential oils in pig production: an alternative approach to health and welfare. *Pig breeding and agro-industrial production*, 2(80), 7-29. [https://doi.org/10.37143/2786-7730-2023-2\(80\)01](https://doi.org/10.37143/2786-7730-2023-2(80)01).
9. Kolesnyk, M., & Bankovskaya, I. (2009). The use of milk thistle in spotted suckling piglets. *Efficient animal husbandry*, 3(35), 36–38.
10. Kolesnik, M.D. (2007). Phytopreparations in animal husbandry. *Efficient animal husbandry*, 1(17), 18–20.
11. Semenov, S.O., Trotsenko, Z.G., & Pospelov, S.V. (2013). Water-soluble concentrate - phytogenic for stimulation of reproduction of sows and technological adaptation of piglets. *Pig breeding*, 63, 63–69. <https://svinarstvo.com/zbirnyk/archive/63/63-063-069.pdf>.
12. *Methodical recommendations for obtaining and applying a line of new preparations (phytonics) as means of veterinary zoohygiene and phytotherapy in pig breeding* / Zinoviev S., Voloshchuk V., Kurman A.,

- Pushkina M., Chereuta Yu., Borzhak T.; Institute of Pig Breeding and APV NAAS. Poltava, 2023. 12 p.
13. Dávila-Ramírez, J. L., Munguía-Acosta, L. L., Morales-Coronado, J. G., García-Salinas, A. D., González-Ríos, H., Celaya-Michel, H., Sosa-Castañeda, J., Sánchez-Villalba, E., Anaya-Islas, J., & Barrera-Silva, M. A. (2020). Addition of a Mixture of Plant Extracts to Diets for Growing-Finishing Pigs on Growth Performance, Blood Metabolites, Carcass Traits, Organ Weight as a Percentage of Live Weight, Quality and Sensorial Analysis of Meat. *Animals : an open access journal from MDPI*, 10(7), 1229. <https://doi.org/10.3390/ani10071229>.
 14. Skoufos, I., Bonos, E., Anastasiou, I., Tsinas, A., Tzora, A. (2020). Chapter 18 – Effects of phytobiotics in healthy or disease challenged animals. In: *Feed Additives*. Editor(s): Panagiota Florou-Paneri, Efterpi Christaki, Ilias Giannenas, Feed Additives, Academic Press, p. 311–337, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814700-9.00018-2>.
 15. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS No. 123) (Strasbourg, 18.03.1986). Verkhovna Rada Ukrainy: zakonodavstvo Ukrainy [Official site of Verkhovna Rada of Ukraine: Legislation of Ukraine]. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_137#Text [in Ukrainian].
 16. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes (Text with EEA relevance). *Official Journal of the European Union*, 2010, L 276/33. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0033:0079:en:PDF>.
 17. National Research Council et al. Nutrient requirements of swine. – National Academies Press, 2012.
 18. Ibatullin, I.I., & Zhukorsky, O.M. (eds.) (2017). *Methodology and organization of scientific research in animal husbandry*. Kyiv: Agrarian Science, 328 p. https://elearn.nubip.edu.ua/pluginfile.php/768090/mod_resource/content/1/Verstka_Ibat.-Juk2_compressed.pdf.
 19. DSTU ISO 1442:2005. Meat and meat products. Moisture Content Determination Method (Control Method).
 20. DSTU ISO 937:2005. Meat and meat products. Determination of nitrogen content (control method) (ISO 937-1978, IDT).
 21. DSTU ISO 1443:2005. Meat and meat products. Method for determining total fat content (ISO 1443:1973, IDT). Amended.
 22. DSTU ISO 936:2008. Meat and meat products. Method for Determining the Mass Fraction of Total Ash (ISO 936:1998, IDT).
 23. Glantz S.A. (Ed.) (2012). *Primer of Biostatistics*, 7 ed. McGraw Hill. <https://accessanesthesiology.mhmedical.com/content.aspx?bookid=665§ionid=43745741>.

3. MEDICINE AND ECO-MEDICINE 3. МЕДИЦИНА І ЕКОМЕДИЦИНА

Анна Апецько¹, Алла Жиденко²

ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЯ ОДИН З МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ СТУДЕНТІВ

¹Природничо-математичний факультет, Національний університет

«Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, Чернігів, Україна;

²Факультет фізичного виховання, Національний університет

«Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, Чернігів, Україна

E-mail: annaapetsko@gmail.com; zaa2006@ukr.net

Ключові слова: серцево-судинна система, студенти, електрокардіографія, електрокардіограма

Вступ. Серцево-судинна система людини є однією з найважливіших для забезпечення життєдіяльності організму та визначення його функціонального здоров'я. В Україні серцево-судинні хвороби є найголовнішою причиною смертельних випадків – 65%. Особливо ситуація погіршилась з початком повномасштабного вторгнення, оскільки стрес став невід'ємною частиною життя українців, як і решта попереджувальних факторів ризику розвитку серцево-судинних хвороб: артеріальна гіпертензія, підвищений рівень холестерину та цукру в крові, незбалансоване харчування, надмірна вага, гіподинамія, тютюнопаління, вживання алкоголю призвели до збільшення кількості серцево-судинних захворювань [1]. Тому раннє діагностування функціонального стану серцево-судинної системи, своєчасна профілактика серцево-судинних захворювань та надання медичної допомоги на первинному рівні, зможе зменшити відсоток появи даних хвороб та їх негативних наслідків.

Серед сучасних методів діагностики захворювань серцево-судинної системи та оцінки функціонального стану даної системи використовують традиційні методи визначення інтегральних показників системи кровообігу (вимірювання артеріального тиску, систолічного та хвилинного об'ємів крові, визначення артеріального пульсу, фаз серцевого циклу), інструментальні методи (електрокардіографію, ехокардіографію, магнітно-резонансну томографію) та функціональні проби системи кровообігу.

Провідне місце в інструментальних методах дослідження серця займає електрокардіографія. Це відносно простий, доступний метод, який дає можливість оперативно отримати значну інформацію про нормальну або патологічну діяльність серця [2]. Електрокардіографія – це метод дослідження серця, заснований на реєстрації і аналізі електричних потенціалів, що виникають під час роботи серця і відводяться з поверхні тіла або з його порожнин. Серцевий цикл на електрокардіограмі розподілений на зубці,

сегменти, інтервали та комплекс, кожен з яких відповідає стадії поширення хвилі збудження у міокарді (рис. 1) [2, 3].

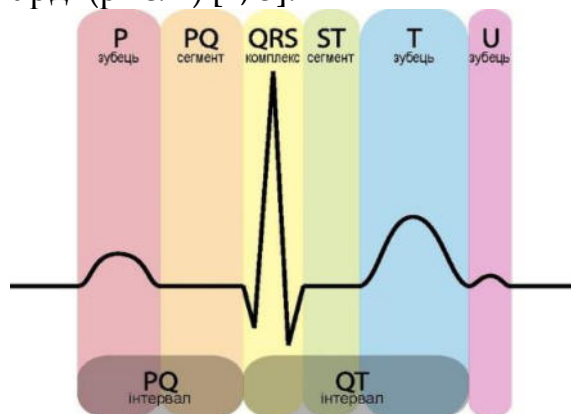


Рис. 1. Схема електрокардіограми

Зубець P – відповідає деполяризації передсердь (амплітуда не перевищує 1,5-2,5 мм (0,25 мВ), а тривалість – 0,1 с). Інтервал PQ – поширення деполяризації до атріовентрикулярного вузла (в нормі в межах 0,12-0,20 с). Комплекс QRS – шлуночковий комплекс QRS (тривалість – 0,6-0,10 с) складається з трьох окремих зубців Q, R, S і відбиває розповсюдження збудження тканиною шлуночків. Сегмент ST – відображає початкову фазу реполяризації міокарда шлуночків. Зубець T – хвиля реполяризації шлуночків (тривалість – 0,16-0,24 с). Інтервал QT – це електрична систола шлуночків – коли збуджуються всі відділи шлуночків серця (тривалість залежить від частоти серцевих скорочень). Зубець U – непостійна складова і може з'являтися у разі електролітних порушень (тривалість – 0,25 с, а в нормі конкордатний з T). Інтервал TP – електрична діастола, що відповідає стану спокою міокарду [2, 3].

Матеріали та методи. У дослідженні брали участь 13 студенток та 7 студентів першого курсу віком 16-17 років. Дослідження проводили на базі кафедри фізичної реабілітації Національного університету «Чернігівська Політехніка».

Запис електрокардіограми виконували за допомогою 3-канального електрокардіографа "Неасо 300G" в 12-ох відведеннях: трьох стандартних (I, II, III) потім у підсиленних відведеннях від кінцівок (aVR, aVL, aVF) і грудних відведеннях (V1-V6). Запис виконували за швидкості 25 мм/с, чутливістю апарату 1 мВ (5 мм).

Аналіз електрокардіограми проводили у II стандартному відведенні, який включав: визначення ритму серцевої діяльності (оцінка регулярності серцевих скорочень; підрахунок частоти серцевих скорочень; визначення водія ритму), а також аналіз окремих зубців, інтервалів, сегментів, комплексів ЕКГ у різних відведеннях [3].

Результати та обговорення. Дослідження проводилося протягом другого семестру 2023/2024 навчального року. Проаналізовано 20 електрокардіограм

студентів першого курсу спеціальності «Терапія та реабілітація». Результати проведеного аналізу наведено нижче.

75% розшифрованих електрокардіограм не мали значних особливостей або відхилень. На 20% електрокардіограм спостерігалася синусова брадикардія (зменшення частоти серцевих скорочень до 50-55/хв при збереженні правильного синусового ритму) спостерігалась у студенток, що займаються танцями та гімнастикою, а в 5 % наявна гіпертрофія правого передсердя студентки спровокована хронічним захворюванням легень. Серцева діяльність у всіх обстежених ритмічна, оскільки інтервали R–R були майже однакові, а різниця величин складала $\pm 10\%$ від середньої тривалості R–R. Водієм ритму на всіх електрокардіограмах був синусовий вузол.

Висновки. Більшість обстежених студентів виявились клінічно здоровими. Серед наявних електрокардіографічних феноменів у студентів першого курсу траплялись синусова брадикардія в 20 %, внаслідок адаптації їх серцево-судинної системи до фізичних навантажень, а також гіпертрофія правого передсердя в 5 %, але це не вимагає лікування або корекції рухового режиму.

Перспективою подальших досліджень є проведення експерименту з використанням адекватних фізичних навантажень для перевірки їх впливу на функціональний стан серцево-судинної системи студенток та порівняння і аналізу показників електрокардіограм студентів, які є кваліфікованими спортсменами, навчаються за іншими спеціальностями та відносяться до інших вікових груп.

Бібліографія

1. https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/241863.html
2. Манічева, Н., Голобродська, А., Шаповалов І. (2023). Аналіз сучасних методів діагностики та лікування захворювань серцево-судинної системи. *Proceedings of the II International Scientific and Technical Conference "Modern technologies of biomedical engineering"* May 17-19, 2023, Odesa, Ukraine.
3. Фатула, М.І., Рішко, О.А., Шютев, М.М , Свистак, В.В., Машура, Г.Ю. (2020). Основи практичної електрокардіографії. Ужгород: УжНУ "Говерла".

Сергій Геращенко, Олександр Лукаш

ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНІ ФАКТОРИ, ЯКІ НЕГАТИВНО ВПЛИВАЮТЬ НА ПСИХО-ЕМОЦІЙНЕ ЗДОРОВ'Я ВОДІЇВ

Кафедра екології, географії та природокористування, Національний університет

«Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка,

вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, 14013, Україна

E-mail: lukash2011@ukr.net

Ключові слова: водій, екологічні фактори, здоров'я, клімат, погода

Вступ. Будь-який організм в середовищі існування піддається одночасному впливу найрізноманітніших умов навколишнього середовища. Найбільш поширеною серед працівників автотранспорту, є професія водія автомобіля,

який керує легковим чи вантажним автотранспортом, перевозить людей і різноманітні вантажі [1].

На водія автомобіля впливає комплекс негативних факторів. Зокрема: шкідливі токсичні речовини і запиленість повітря, шум, вібрація, умови мікроклімату повітря у кабіні, вимушена робоча поза, гіподинамія, психо-емоційне напруження. Робота водія проходить на відкритому повітрі і пов'язана з впливом на нього метеорологічних факторів, що залежать від кліматичної зони, пори року, умов погоди. Психо-емоційне здоров'я водіїв є важливим аспектом безпеки дорожнього руху та загального благополуччя водіїв. Різноманітні фактори можуть впливати на психоемоційний стан людей, які щоденно керують транспортними засобами, серед яких погодні та кліматичні умови відіграють значну роль. Дослідження показують, що зміни погоди, такі як висока температура, сильний дощ, туман або сніг, можуть не тільки впливати на фізичні характеристики водіння, але й суттєво погіршувати психологічний стан водіїв. Тому важливим є з'ясування природно-кліматичних факторів, які негативно впливають на психо-емоційне здоров'я водіїв

Матеріали та методи. Матеріали зібрані під час анкетного опитування водіїв автотранспортних підприємств м. Чернігова на предмет визначення факторів навколишнього середовища, які негативно впливають на їх психо-емоційне здоров'я. Було проаналізовано результати опитування 100 респондентів.

Результати та дискусія. На відміну від промислового підприємства на результати діяльності АТП багато в чому впливають зовнішні чинники (стан доріг, кліматичні умови, інтенсивність руху транспорту на протязі маршруту тощо), з-за яких можливі зміни у видах і обсягах робіт водіїв [2].

Серед несприятливих виробничих факторів, що ускладнюють діяльність водіїв, на думку 100% респондентів, важливе місце займають кліматичні умови. Це підтверджують і наукові дані: температура зовнішнього повітря в теплий період може досягати +35 °C, а в холодний -30°C, також характерні пилові бурі, дощі, дорожнє покриття або його відсутність [3].

Систематичне вплив комплексу шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу значно прискорюють професійну непридатність водійського персоналу і завдають істотної шкоди здоров'ю водіїв, що робить актуальною проблему вивчення стану умов праці цієї професійної групи.

Для ослаблення впливу високої зовнішньої температури повітря необхідно передбачати наявність сонцезахисних екранів, тонування скла, фарбування зовнішніх і внутрішніх поверхонь огорожень автомобілів світлими тонами і т. д. [3]:

1) з метою зниження забруднення повітряного середовища кабін автомобілів, необхідно забезпечення максимальної герметизації кабін, установка фільтрів очищення повітря, організація і проведення своєчасного контролю за

технічним станом автотранспорту з метою регулювання паливної системи, газифікації транспорту, під час експлуатації транспорту – о забезпечення оптимальних режимів роботи двигуна;

2) підтримання у справному стані системи регулювання параметрів водійського крісла у відповідності з антропометричними даними і амортизаторів. Покриття сидіння повинно бути виконано з паро- і повітропроникних матеріалів;

3) впровадження заходів, спрямованих на зниження нервово-емоційного напруження та втоми;

4) організація раціональних режимів праці і відпочинку;

5) проведення щозмінних передрейсових та післярейсових медичних оглядів;

6) організація раціонального харчування та питного режиму водіїв, спрямованого на нормалізацію теплообміну організму і підвищення працездатності.

Транспортна безпека в найбільшій мірі залежить від наявності та характеру опадів, які визначають дальність видимості, погіршують зчіпні якості шин із дорожнім покриттям. До зимових доріг належать сезонні дороги, покриті снігом і льодом. За тривалістю експлуатації їх поділяють: на регулярні, що поновлюють кожну зиму; тимчасові, що використовуються протягом одного або двох зимових сезонів; разового користування, службові для однократного пропуску транспорту. Зимові автодороги прокладають на суші або по льоду річок, озер. Стан ґрунту є важливою умовою функціонування не тільки зимових, але й регулярних доріг, що діють цілорічно.

У весняний період ґрунтове дорожнє земляне полотно перезволожується і його міцність знижується. Розріджений ґрунт дає слабкий опір на навантаження, що діє від коліс автомобіля на дорожнє покриття. Під їх впливом дорожнє полотно прогинається, а після зняття навантаження повертається до свого попереднього положення. Цей час є найбільш несприятливим для експлуатації, дорога виконує свої функції в основному за рахунок дорожнього покриття й піддається руйнації.

Слизькі дороги є, згідно зі статистикою, однією з головних причин ДТП і катастроф. Так вважає 94 опитаних водіїв. Висота й стан сніжного покриву на дорозі також створюють небезпеку для транспорту. Наявність снігу на проїзній частині висотою –5 см вже викликає необхідність для зниження швидкості руху автомобілів. Основні труднощі, що виникають під час дощу: підвищення слизькості дороги, розм'якшування узбіччя, погіршення видимості.

Водіям у дощ доводиться включати склоочисники, які не завжди справляються з потоками води, що заливають лобове скло, це заважає безпечному руху. До того ж під час дощу численні відображення в калюжках фар та ліхтарів дезорієнтують водіїв і пішоходів. В умовах мокрого й слизького дорожнього покриття зупиночний шлях збільшується в 4-5 разів. На брудній або

вологій поверхні дороги утворюється плівка, яка є змащувальним прошарком між шиною та покриттям дороги. До того ж бруд і калюжі можуть приховувати вибоїни в асфальті та відкриті люки каналізації.

Особливо небезпечні перші краплі дощу. Вони змішуються з пилом на дорозі, і ця грязьова суміш діє як мастило. Через це, зчеплення коліс із дорогою різко зменшується, а гальмівний шлях різко збільшується. На такій дорозі не слід різко збільшувати швидкість або гальмувати, різко повертати кермо, так як колеса можуть втратити зчеплення з дорожнім покриттям. Це призводить до заносу, транспортний засіб стає не керованим. Заноси мотоцикла або велосипеда часто закінчуються падінням.

Для 100% респондентів дорога стає особливо небезпечною під час першого снігопаду, коли на проїзній частині з'являється ущільнений утрамбований сніг і перший лід. У цей час різко збільшується кількість ДТП, тому що водії та пішоходи ще не встигли пристосуватися до даних умов руху.

Особливу небезпеку для всіх видів транспорту створює туман. За сильного туману створюється майже повна відсутність видимості, у результаті чого швидкість руху транспортних засобів повинна бути різко знижена. Туман, як і темний час доби, крім погіршення загальної видимості на дорозі, істотно знижує справжні відстані й швидкість руху транспорту. Так дистанція до зустрічного автомобіля в тумані завжди здається більшою, а швидкість меншою, ніж насправді. При тривалій поїздки в тумані втомлюються очі, знижується гострота зору. Його підступність виявляється й в тому, що він здатний змінювати кольори (окрім червоного). Так жовтий сигнал світлофора здається червоним, а зелений – жовтим.

Значно погіршуються умови видимості під час снігопаду, і при проливному дощу і, особливо, у тумані. Пелена туману може бути настільки густою, що навіть з увімкненими фарами нічого не можна розрізнити водіям на відстані 3–5 м. Водіям завжди треба вибирати помірну швидкість руху, з урахуванням погодних умов. Чим густіший туман – тим більша дистанція. Автомобіль, габаритні вогні якого проглядаються попереду в тумані, може не рухатися, а стояти на місці. При русі в тумані завжди треба бути готовим зупинити транспортний засіб, не виїжджати на середину дороги, триматися якомога ближче до краю проїзної частини, уникати перестроювання, випередження та обгону. Такі дії в тумані небезпечні подвійно, тому перед зміною смуги руху, а також перед поворотом або розворотом у густому тумані необхідно подати звуковий сигнал. Якщо туман згустився настільки, що видимість стала меншою 10 м, то треба зробити зупинку й перечекати.

Статистика ДТП багатьох країн показує, що в темний час доби різко підвищується небезпека руху. Незважаючи на те, що інтенсивність руху в цей період у 5–10 разів нижча, ніж у світлий час, частина ДТП складає 40–60 % від їх загальної кількості. Із настанням темряви погіршується видимість дороги та розташованих на ній об'єктів. Фари автомобіля висвітлюють лише обмежену

ділянку дороги, причому об'єкти з'являються в освітленій зоні раптово, для розпізнання їх потрібно більше часу, ніж удень. Час реакції водія вночі збільшується в середньому у 2 рази.

Складність нічного водіння пов'язана як з особливостями зору людини, так і недостатнім освітленням дороги фарами. Тому для роботи в нічний час повинна бути зроблена підготовка автомобіля: перевірка світлових, сигнальних приладів, їх необхідне розміщення. Потрібно знати майбутній маршрут руху (особливості дороги, мостів, пунктів перевезення і т.д.). У темний час та в умовах недостатньої видимості водій більшу частину часу перебуває в стані підвищеної емоційної напруженості, тому він набагато швидше втомлюється, ніж у світлий час.

На думку респондентів, у жаркі літні місяці температура на робочих місцях водіїв перевищує оптимальні величини на 15–20°C, а в холодний період середня температура в кабіні є нижчою на 10–12°C. Ці чинники чинники безпосередньо і опосередковано впливають на стан ЦНС, серцево-судинної системи та терморегуляторної функції організму та, у кінцевому підсумку, призводять до втоми й перевтоми. Вони посилюються іншими факторами: мешкання в екологічно забруднених районах (вважає 22% респондентів), шкідливі звички (34%) та неможливість рекреаційної діяльності в безпечних умовах довкілля (44%).

Найрозповсюдженішими нозологічними формами у водіїв є захворювання органів дихання (пневмонії, бронхіт хронічний), серцево-судинної системи, крові та кровотворних органів, новоутворювання легенів, трахеї й бронхів. Під час опитування було встановлене, що для 84% негативний ефект впливу погоднокліматичних факторів посилює дефіцит часу.

Висновки. Праця водія характеризується впливом комплексу несприятливих виробничих факторів, у т.ч. метеорологічні умови. Високі температури негативно впливають на психо-емоційне здоров'я водіїв, зокрема погіршують настрій, тоді як психічні розлади, як правило, посилюються під час спеки. Зимові екстремальні погодні явища, насамперед снігопад, ожеледиця, також можуть спричинити психологічний стрес і потенційно призвести до посттравматичного стресового розладу, депресії водіїв.

Бібліографія

1. Державні сайти України (2018, 12 квітня). Гігієна праці водіїв автотранспорту. <https://te.dsp.gov.ua/gigiyena-pratsi-vodiyiv-avtotransportu/>.
2. Дмитрієв, І. А., & Левченко, Я.С. (2018). *Транспортне підприємництво: навч. посіб.* Х.: ФОП Бровін О.В., 2018.
3. Семерня, О.В. (2019). Розробка профілактичних заходів по поліпшенню умов та безпеки праці водіїв, зайнятих перевезенням вантажів в агропромисловому комплексі. *Інноваційне забезпечення виробництва органічної продукції в АПК: VII міжнародна наукова конференція, 4–7 червня 2019, Київ, Україна.* <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/69675a61-b619-4df0-80f0-52024312d801/content>.

Сергій Петров¹, Вячеслав Данчук¹, Костянтин Заруба¹, Ірина Антонік¹,
Олександр Корнік¹, Інна Гришова¹, Сніжана Чернадчук²,
Олександр Будняк²

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ТІОХРОМУ НА КЛІНІКО-БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ БІЛИХ ЩУРІВ

¹Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України;

²Біологічний факультет, кафедра молекулярної біології, біохімії та генетики,
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Одеса, Україна

E-mail: snezhana.chuk@gmail.com

Ключові слова: тіамін, тіохром, тіамініпрофосфат, 4-метил5β-оксиетилтіазол, сечовина

Вступ. Тіохром – основний катаболіт тіаміну в тваринному організмі. До 80-х років минулого століття вважалося що ця сполука біологічно неактивна. Але стали з'являтися окремі дослідження, які свідчили, що тіохром має певні біохімічні функції [2, 4, 5]. В теперішній час доведений його вплив на активність трансаміназ, протеолітичних ферментів, НАД-залежних дегідрогеназ і інших ферментів крові [3, 6, 7, 8]. Показана протекторна дія тіохрому при гострих інгаляційних отруєннях. Мета дослідження – тестування тіохрому як лікарського засобу при деяких захворюваннях.

Матеріали та методи. Дослідження проводили на безпородних щурах-самцях, вирощених у віварію Одеського національного університету імені І.І. Мечникова, при вільному доступі до їжі і води, а також природному чергуванні добової освітленості. При експерименті були дотримані усі біоетичні норми згідно з Європейською конвенцією «Про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних і наукових цілей», 2010 [5]. Вивчення біохімічних показників проводилося оригінальними спектрофотометричними методами, описаними у науковій літературі [1]. Статистичну обробку проводили за допомогою програми «Біостат».

Результати досліджень. В нашому дослідженні був вивчений вплив ін'єкцій тіохрому і його перорального введення на деякі клініко-біохімічні показники крові білих щурів.

На першому етапі досліджень була вивчена можлива токсичність тіохрому по відношенню до інших метаболітів тіаміну (табл. 1).

Таблиця 1. LD₅₀ для тіаміну та його метаболітів

Показники	Тіамін	Тіамініпрофосфат	4-метил5β-оксиетилтіазол	Тіохром
M ± m (мг/кг)	890 ± 93	1724 ± 152	2234 ± 241	6700 ± 722

Як видно з таблиці 1, тіохром значно менше токсичний ніж інші метаболіти тіаміну і сам тіаміну.

Вміст загальних ліпідів в крові білих щурів як при ін'єкції терапевтичних доз тіохрому так і при ентеральному введенні не змінювався протягом доби.

Вміст сечовини в крові після перорального введення тіохрому не змінювався, а після ін'єкції таких же доз, з 4 години по 24 годину знижувався (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст сечовини в крові білих щурів після введення тіохрому (мМ/л)

	15 хв	30 хв	60 хв	120 хв	240 хв	24 години
Контроль (ін'єкція фізрозчином)	4,3 ± 0,6	8,5 ± 0,7	8,8 ± 0,9	9,0 ± 1,2	10,0 ± 0,8	9,6 ± 0,9
Дослід (введення тіохрому)	8,1 ± 0,7	3,2 ± 0,7	8,9 ± 0,9	8,7 ± 0,4	8,9 ± 0,7	8,7 ± 0,8

Результати цих досліджень свідчать, про участь тіохрому в кліренсі крові від сечовини. При вивченні активності АсАТ і АлАТ в крові після перорального та ін'єкційного введення тіохрому не змінювалося протягом доби. Дослідження вмісту холестерину в крові білих щурів також показали відсутність впливу тіохрому на цей показник.

Таким чином, наші дослідження свідчать про відсутність негативних ефектів після введення тіохрому, що дозволяє розпочати дослідження його терапевтичної дії.

Бібліографія

1. Горячковський О.М. (1998). *Клінічна біохімія: довідковий посібник*. Одеса: Астропринт.
2. Петров, С.А., Будняк, О.К., & Караванський, Ю.В. (2021). Вплив тіаміну та його похідних на виживаність предличинки *Danio rerio* за різних температур. *Гідробіологічний журнал*, 57(1), 80-85.
3. Устянська, О.В., Вовчук, І.Л., Радіонов, Д.Б., Чернадчук, С.С., & Петров, С.А. (2012). Вивчення взаємодії тіаміну та його метаболітів з частково очищеним катепсином L. *Ученые записки Таврического национального университета. Серия "Биология, химия"*, 25(64), 209-214.
4. Petrov, S.A., Zamorov, V.V., Ustyanskaya, O.V., Budnyak, O.K., Chernadchuk, S.S., Andrievskiy, O.M., Semyonova, O.O., Karavanskiy, Y.V., Yakimenko, V.E., & Kravchuk, I.O. (2016). Administration of Thiamine and Thiochrome Enhanced Reproduction of *Chlorella*, *Drosophila melanogaster*, and *Danio*. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 62(1), 6–11. <https://doi.org/10.3177/jnsv.62.6>.
5. Official Journal of the European Union L276/33 / Directive 2010/63/EU of the European parliament and of the council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. 86/609/EC.20.10.2010.
6. Petrov, S.A., Fedorko, N.L., Budnyak, A.K., Yakimenko, V.E., Chernadchuk, S.S., Sorokin, A.V., Andrievskiy, A.M., Zakharov, A.V., Nikolaienko, K.V., Baydan, A.V., Zarovnyaya, I.I., Gorbenko, I.S., & Cherepneva-Khlyustova, S.O. (2019). Vitablonica. New direction in the vitaminology. *Journal of Integrated OMICS*, 9(1), 17-22. <https://doi.org/10.5584/jiomics.v9i1.252>.
7. Petrov, S.A., Zaharov, A.V., Stanev, O.I., & Budnyak, O.K. (2019). Thiaminase process is present in the brain of mammals. *Journal of Integrated OMICS*, 9(1), 35-38. <https://doi.org/10.5584/jiomics.v9i1.272>

8. Yakimenko, V.E., Budnyak, O.K., Chernadchuk, S.S., Zaharov, A.V., & Petrov, S.A. (2019). Thiochrome Activates DNA-Polymerase. *Journal of Integrated OMICS*, 9(1), 39-43. <https://doi.org/10.5584/jiomics.v9i1.261>.

Валентина Торяник, Аліна Горпиненко
ПОШИРЕНІСТЬ МАРКЕРІВ ГЕПАТИТУ В І ГЕПАТИТУ С СЕРЕД
ДОНОРІВТОВ «ЦСК «БІОФАРМА ПЛАЗМА» СУМСЬКОГО ВІДДІЛЕННЯ
ЗАГОТІВЛІ КРОВІ ТА ЇЇ КОМПОНЕНТІВ

Сумський державний педагогічний університеті імені А.С. Макаренка, Україна

E-mail: toryanik_vn@ukr.net; alinagorpinenko@gmail.com

Ключові слова: гепатит В, гепатит С, маркери, поширеність, донори крові

Вступ. Самозабезпечення населення України донорською кров'ю та компонентами крові є однією з важливих складових національної безпеки. Однак, однією з основних проблем служби крові України є високий рівень поширеності маркерів трансфузійно-трансмісивних інфекцій серед донорів [1]. Так, за даними Інституту патології крові та трансфузійної медицини НАМН України у 2020 р. частка відведень від донорства через наявність маркерів вірусних гепатитів В та С (HBV та HCV) становила відповідно 15% і понад 6%. Найвища поширеність маркерів гепатиту С серед донорів спостерігалася в Івано-Франківській, Рівненській і Кіровоградській областях, найнижча – в Сумській і Полтавській областях та в місті Києві. Найвища поширеність маркерів гепатиту В серед донорів відзначалася в Закарпатській, Івано-Франківській і Кіровоградській областях, найнижча – в Сумській, Рівненській і Харківській [6].

В Україні скринінг донорської крові з метою уникнення ризику та недопущення в роботу компонентів крові від донора, в якого виявлено маркери вірусних гепатитів В, С (HBV та HCV), вірусів імунодефіциту людини (ВІЛ-1 та ВІЛ-2), сифілісу, здійснюється згідно з Наказом МОЗ України від 01.08.2005 р. № 385 «Про інфекційну безпеку донорської крові та її компонентів» [3] та Наказом МОЗ України від 19.02.2013 р. № 134 «Про затвердження порядку скринінгу донорської крові та її компонентів на гемотрансмісивні інфекції» [4]. У 2019 р. Україна долучилася до Глобальної стратегії з елімінації вірусних гепатитів В та С, затвердила Державну стратегію протидії ВІЛ-інфекції/СНІДу, туберкульозу та вірусним гепатитам до 2030 року [7], розробила Національну стратегію розвитку добровільного безоплатного донорства крові та компонентів крові і порядку скринінгу донорської крові як одного з елементів створення безпечного банку крові в країні [5]. Цілі цієї Стратегії відповідають принципам формування та шляхам реалізації державної політики, визначеним положеннями Закону України «Про безпеку та якість донорської крові та компонентів крові» [2].

В контексті даної проблеми нами вивчено поширеність маркерів гепатиту В і С серед первинних і вторинних донорів Сумського відділення заготівлі крові та її компонентів ТОВ «ЦСК «Біофарма Плазма» у період з 2019 по 2022 рік за

результатами скринінгу донорської крові на HBsAg; анти-HBs, анти-HBcIgM, анти-HBcIgG, HBeAg і анти-HBe, ДНК HBV (маркери гепатиту В) та антиHCVIgG, РНК HCV (маркери гепатиту С).

Матеріали і методи. В дослідженні використано дані річних звітів Сумського відділення заготівлі крові та її компонентів ТОВ «ЦСК «Біофарма Плазма» про результати скринінгу донорської крові у 2019-2022 рр., що проводився методами імунохемилюмінесцентного аналізу (ІХЛА) на автоматичному аналізаторі Architect plus i2000 SR та ПЛР з використанням системи Cobas 201. Рівень поширеності маркерів гепатитів В і С серед донорів обчислений за кількістю повторнопозитивних результатів ІХЛА та ПЛР на 100 000 донацій. У процесі дослідження застосовано епідеміологічний, інформаційно-аналітичний та статистичний методи.

Результати і обговорення. У період з 2019 по 2022 рік у Сумському відділенні заготівлі крові та її компонентів ТОВ «ЦСК «Біофарма Плазма» було проведено 290718 донацій, в т. ч у 2019 р. – 60 067, у 2020 р. – 63 675, у 2021 р. – 101 313, у 2022 р. – 65 663.

В середньому рівень поширеності маркерів гепатиту В та гепатиту С серед донорів становив 41,62 та 162,35 відповідно, в т. ч. серед первинних донорів – 26,83 і 139,99 відповідно, серед вторинних донорів – 14,79 і 22,36 відповідно.

Упродовж 2019–2022 рр. рівень поширеності маркерів гепатиту В серед донорів зріс з 29,96 до 59,39, зокрема, серед первинних донорів – з 21,64 до 42,64, серед вторинних донорів – з 8,32 до 16,75.

Аналогічним у цей період був і характер динаміки поширеності серед донорів маркерів гепатиту С: у 2019 р. – 13,98, у 2022 р. – 24,82, зокрема, серед первинних донорів: у 2019 р. – 118,2, у 2022 р. – 225,4; серед вторинних донорів: у 2019 р. – 21,64, у 2022 р. – 22,84. Однак, серед первинних донорів спостерігалось щорічне зростання кількості інфікованих HCV, а серед вторинних донорів спостерігалась значна варіабельність рівня поширеності маркерів HCV-інфекції по роках.

Питома вага повторнопозитивних результатів на HBsAg при тестуванні на закритій тест-системі ІХЛА та на ДНК HBV при ПЛР з 2019 р. до 2022 р. збільшилася з 30 до майже 60%. Аналогічна ситуація спостерігається і за результатами повторних досліджень первиннопозитивних донацій на антитіла до вірусу гепатиту С та на РНК HCV при ПЛР.

Висновки. Високий рівень поширеності маркерів гепатиту В і гепатиту С серед донорів, особливо первинних, ТОВ «ЦСК «Біофарма Плазма» Сумського відділення заготівлі крові та її компонентів вказує на необхідність розробки заходів із залучення до донорства більшої кількості вторинних донорів.

Оскільки вірусні гепатити – медична і соціальна проблема глобального масштабу, і за оцінками експертів ВООЗ у світі рівень захворюваності на гепатит В і, особливо, гепатит С постійно зростає, абсолютно безпечної донорської крові не може бути, однак її скринінг реагентами закритих систем (ІХЛА, ЕХЛА) та за

допомогою якісних і кількісних методів ПЛР дозволяє суттєво знизити ризики інфікування реципієнтів HBV та HCV.

Бібліографія

1. Candotti, D., Boizeau, L., & Laperche, S. (2017). Occult hepatitis B infection and transfusion-transmission risk. *Transfusion clinique et biologique: journal de la Societe francaise de transfusion sanguine*, 24(3), 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.tracli.2017.06.014>.
2. Закон України від 30.09.2020 р. № 931-IX «Про безпеку та якість донорської крові та компонентів крові {Із змінами, внесеними згідно із Законом № 1962-IX від 15.12.2021}. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/931-20#Text>.
3. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 385 від 01.08.2005 р. «Про інфекційну безпеку донорської крові та її компонентів» {Із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я № 207 від 08.02.2021}. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0895-05#Text>.
4. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 19.02.2013 р. № 134 «Про затвердження порядку скринінгу донорської крові та її компонентів на гемотрансмисивні інфекції». {Із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я, № 2019 від 23.09.2021}. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0365-13#Text>.
5. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 12 березня 2024 р. № 225-р «Про схвалення Стратегії розвитку добровільного безоплатного донорства крові та компонентів крові на період до 2028 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2024–2026 роках. <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-skhvalennia-strategii-rozvytku-dobrovilnoho-bezo-a225r>.
6. Примак, С.В., Чугрієв, А.М., Новак, В.Л., & Бура Т.М. (2022). Результати скринінгу донорської крові та її компонентів на маркери трансфузійно-трансмисивних інфекцій в Україні за період 2014–2020 рр. *Лікарська справа*, (3–4), 27–36. [https://doi.org/10.31640/2706-8803-2022-\(3-4\)-03](https://doi.org/10.31640/2706-8803-2022-(3-4)-03).
7. The collections, testing and use of blood and blood components in Europe (2016). *Report. EDQM*. <https://freepub.edqm.eu/publications/PUBSD-90/detail>.

**Rafał Bilski¹, Piotr Kamiński^{2,3}, Halina Tkaczenko⁴, Tomasz Stuczyński^{5,6},
Natalia Kurhaluk⁴**

CZYNNIKI ŚRODOWISKOWE I POLIMORFIZMY GENOWE A ZESZTYWNIAJĄCE ZAPALENIE STAWÓW KRĘGOSŁUPA

¹*Nicholaus Copernicus University, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Department of Biology and Medical Biochemistry, Bydgoszcz, Poland, e-mail: r.bilski@cm.umk.pl;*

²*Nicholaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl;*

³*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

⁴*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland,
e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl;*

⁵*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁶*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: zeszywniające zapalenie stawów kręgosłupa, stres oksydacyjny, pierwiastki śladowe, polimorfizmy genetyczne, enzymy antyoksydacyjne

Zeszywniające zapalenie stawów kręgosłupa (ZZSK) to przewlekła choroba zapalna, która prowadzi do postępującej sztywności i bólu w obrębie kręgosłupa oraz stawów krzyżowo-biodrowych. Choroba ta dotyka głównie młodych mężczyzn i może znacznie wpłynąć na jakość życia pacjentów, prowadząc do ograniczenia sprawności ruchowej i pełnej funkcjonalności. Etiologia ZZSK jest złożona i wieloczynnikowa, a jej rozwój jest wynikiem interakcji między czynnikami genetycznymi a środowiskowymi. Czynniki środowiskowe, takie jak infekcje, urazy, a także styl życia, mogą odgrywać istotną rolę w inicjacji i progresji ZZSK. Z drugiej strony, polimorfizmy genowe, które są naturalnymi wariantami genów, mogą wpływać na podatność na choroby zapalne i immunologiczne.

Zeszywniające zapalenie stawów kręgosłupa ZZSK, to choroba zapalna o podłożu autoimmunologicznym, a jej patomechanizm nie jest dobrze poznany. W aspekcie klinicznym jest łączona z reumatoidalnym zapaleniem stawów RZS i łuszczycowym zapaleniem stawów ŁZS – chorobami o zbliżonej etiologii. Znaczący udział w patologicznych zmianach u chorych z ZZSK mają czynniki środowiskowe, ale wskazuje się na rolę zaburzeń naturalnej bariery antyoksydacyjnej organizmu.

Dlatego w niniejszej pracy podjęliśmy próbę analizy wpływu aktywności enzymów antyoksydacyjnych, lipoperoksydacji, stężeń pierwiastków chemicznych Na, K, Ca, Mg, Be, Ba, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al, P, As, Se, Mo, Cd, Sn, Pb, Hg, Li, B, Sr, Sb i polimorfizmów genów *PTPN22*, *STAT4*, *CTLA4* i *COL1A1*, na rozwój zmian patologicznych związanych z ZZSK oraz przeanalizowano uwarunkowania środowiskowe, mogące mieć potencjalne znaczenie w rozwoju tej jednostki chorobowej (WHO 1992, American College of Rheumatology 2019).

Materiał do badań stanowiła krew żylna, pobrana z żyły łokciowej do probówek z EDTA pozbawionych antykoagulantu, w celu uzyskania surowicy. Badaniem objęliśmy łącznie 227. pacjentów, w tym 58. z ZZSK, 111. z RZS i 58. z ŁZS. Grupę kontrolną stanowili zdrowi ochotnicy (n = 72) kwalifikowani medycznie, pochodzący z regionów analizowanych względem rejonizacji chorych. Oznaczaliśmy u nich stężenie pierwiastków chemicznych, aktywności enzymatyczne (dysmutaza ponadtlenkowa SOD, katalaza CAT, peroksydaza glutationowa GPx, reduktaza glutationowa GR, z zastosowaniem gotowych zestawów Cayman Co.), CP, MDA i polimorfizmy genetyczne. Dodatkowo w kontroli z terenów czystych (Bory Tucholskie, Poj. Mogileńskie) (n = 288) analizowaliśmy stężenie pierwiastków chemicznych, mechanizmy enzymatyczne, ceruloplazmina CP, intensywność lipoperoksydacji. Przeprowadziliśmy izolację genomowego DNA z krwi pełnej, analizę molekularną polimorfizmów *PTPN22*, *STAT4*, *CTLA4*, *COL1A1*, analizę stężenia makro- i mikroelementów (ICP-MS).

Stwierdziliśmy wyższą aktywność SOD (p = 0), CAT (p = 0), GPx (p = 0) oraz podwyższone stężenie CP (p = 0) u chorych z ZZSK, w porównaniu z osobami

zdrowymi. Wykazano istotnie wyższe stężenie MDA u ($p = 0$) u chorych z ZZSK, w porównaniu z osobami zdrowymi. Wykazaliśmy zaburzenie w równowagi pierwiastkowej u chorych z ZZSK, w porównaniu z grupą osób zdrowych, w postaci podwyższonego stężenia Ca ($p = 0$), Na ($p = 0$), Cu ($p = 0$), Mo ($p = 0.001$), Cr ($p = 0$), Se ($p = 0$), V ($p = 0$), Co ($p = 0$), Al ($p = 0$), Sn ($p = 0$), As ($p = 0$), przy jednoczesnym obniżonym stężeniu Mg ($p = 0$), P ($p = 0$), K ($p = 0$), Mn ($p = 0.005$), Zn ($p = 0$), Pb ($p = 0$), Cd ($p = 0$). Częstości występowania wybranych polimorfizmów (*PTPN22* ($p = 0.8$) i *STAT4* ($p = 0.94$)) nie wykazały istotności statystycznej, jednak stwierdzono, iż u osób z ZZSK z genotypem CC genu *PTPN22* występuje obniżona aktywność GPx ($p = 0.022$) i GR ($p = 0.012$), w porównaniu z chorymi z genotypem CT.

Wzmocniona aktywność naturalnej bariery antyoksydacyjnej jest spowodowana wysokim narażeniem na efekty stresu oksydacyjnego u chorych z ZZSK. Wzrost aktywności SOD, CAT i GPx jest spowodowany nadmierną produkcją wolnych rodników tlenowych, niszczących struktury kostno-stawowe w grupie osób z ZZSK. Obniżone stężenie Zn i Mn może dodatkowo przyczyniać się do osłabienia mechanizmów antyoksydacyjnych, a tym samym zaburzać równowagę pro-antyoksydacyjną organizmu. Polimorfizmy badanych genów, w populacji poddanej analizie, nie mają bezpośredniego wpływu na występowanie ZZSK.

Dieta, nałogi, narażenie zawodowe, mogą przyczyniać się do akumulacji toksycznych pierwiastków w organizmie i zaburzać jego homeostazę, prowadząc do zaburzenia gospodarki Mg, Ca i P, a co za tym idzie, zaburzenia procesów w układzie kostno-stawowym. Zachwianie równowagi pro-antyoksydacyjnej jest spowodowane zaburzeniami gospodarki pierwiastkowej u chorych z ZZSK.

Chorzy z genotypem CC genu *PTPN22* są bardziej narażeni na działanie reaktywnych form tlenu, ze względu na obniżenie aktywności układu glutationu, co przejawia się spadkiem aktywności GPx i GR.

Przeprowadzone badania potwierdziły udział stresu oksydacyjnego w rozwoju zmian patologicznych u chorych z ZZSK. Wykazaliśmy destabilizację gospodarki pierwiastkowej i powiązano ją z występowaniem licznych nieprawidłowości w procesach mineralizacji kości. Zmiany te mają istotne znaczenie dla układu immunologicznego, gdyż przyczyniają się do wytwarzania szeregu czynników o charakterze prozapalnym, będących patogennymi dla konkretnych zmian w przebiegu ZZSK.

Badania przeprowadzone w ramach niniejszej pracy wskazują na złożoną naturę choroby, jaką jest ZZSK. Na ich podstawie można wnioskować, iż gospodarka pierwiastkowa, obrona antyoksydacyjna, czynniki środowiskowe i genetyczne, są ściśle powiązane i mogą wpływać na kondycję organizmu. Także uzyskane wyniki badań ankietowych dostarczają cennych informacji dotyczących czynników predysponujących do wystąpienia zaburzeń w ZZSK. Niekorzystny wpływ wywierają nałogi, narażenia zawodowe, czy niewłaściwe zwyczaje żywieniowe. Prowadzenie szeroko zakrojonych badań nad mechanizmami patogenetycznymi, udziałem i rolą poszczególnych mechanizmów biochemicznych i polimorfizmów

genetycznych, może dostarczać cennych informacji w opracowaniu skutecznych terapii i efektywnym leczeniu chorych z ZZSK.

Wyniki naszej pracy potwierdzają udział stresu oksydacyjnego, zaburzeń dotyczących wybranych układów enzymatycznych w funkcjonowaniu naturalnej bariery oskrydacyjnej. W efekcie nasileniu mogą ulegać zmiany zapalne aktywujące układ odpornościowy. Zaburzenia gospodarki pierwiastkowej przyczyniają się do rozwoju zjawiska stresu oksydacyjnego w wyniku obniżenia stężenia mikroelementów nasilających odpowiedź oksydo-redukcyjną, jak również podwyższenia toksycznych pierwiastków. Zaburzenia równowagi makro- i mikroskładników w obrębie organizmu w połączeniu ze zjawiskiem stresu oksydacyjnego mogą bezpośrednio przyczyniać się do powstania nieprawidłowości dotyczących procesów mineralizacji tkanki kostnej. Destabilizacja gospodarki pierwiastkowej może mieć również istotne znaczenie dla układu immunologicznego, ponieważ aktywacja szlaku NF- κ B i uwalnianie licznych cytokin prozapalnych leży u podłoża zmian patologicznych prowadzących do wystąpienia ZZSK.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Zbigniew Guzera³, Halina Tkaczenko⁴, Tomasz Stuczynski^{5,6},
Natalia Kurhaluk⁴**

ZANIECZYSZCZENIE ŚRODOWISKA, POLIMORFIZMY GENOWE I REAKCJE OBRONNE A AKTYWNOŚĆ ZAPALNA I IMMUNOLOGICZNA U CHORYCH Z TOCZNIEM RUMIENIOWATYM UKŁADOWYM

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl;*

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Regional Hospital in Starachowice, Department of Rheumatology, Starachowice, Poland, e-mail: zetguzera@poczta.fm;*

⁴*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland, e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl;*

⁵*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁶*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: *toczeń rumieniowaty układowy; polimorfizm genetyczny; obronne mechanizmy antyoksydacyjne; pierwiastki chemiczne; aktywność zapalna i immunologiczna; choroby układu kostno-stawowego*

Zanieczyszczenie środowiska stanowi istotny czynnik ryzyka w rozwoju wielu chorób, w tym chorób autoimmunologicznych, takich jak toczeń rumieniowaty układowy (TRU). Toczeń jest złożonym schorzeniem, które charakteryzuje się nadmierną odpowiedzią układu immunologicznego i przewlekłym stanem zapalnym,

prowadzącym do uszkodzenia tkanek i narządów. W kontekście rosnącego zanieczyszczenia środowiska, zrozumienie wpływu toksycznych substancji na rozwój TRU staje się kluczowe dla opracowania skutecznych strategii prewencji i leczenia.

Polimorfizmy genowe, które stanowią naturalne zmiany w sekwencjach DNA, mogą wpływać na indywidualne reakcje organizmu na czynniki środowiskowe oraz na zdolność do aktywacji mechanizmów obronnych. W przypadku pacjentów z toczniem rumieniowatym układowym, różnice genetyczne mogą determinować zarówno stopień reakcji zapalnej, jak i odpowiedzi immunologicznej, co ma kluczowe znaczenie dla przebiegu choroby oraz skuteczności leczenia.

Oddziaływanie czynników środowiskowych na organizm człowieka, wpływające na zaburzenie równowagi przebiegu procesów fizjologicznych, prowadzące w końcowym efekcie do wystąpienia klinicznie objawowej choroby, jest obecnie postrzegane jako jeden z podstawowych elementów patogenezy wielu schorzeń. Choroby z autoagresji, w których podstawowym zjawiskiem patologicznym jest proces zapalny, prowadzący do uszkodzenia struktury i/lub zaburzenia funkcji wielu narządów, za punkt wyjścia ma reakcję organizmu na oddziaływania środowiska, stanowiące czynnik lub mechanizm, zapoczątkowujący łańcuch reakcji, prowadzących do wystąpienia określonego zespołu objawów.

W przypadku uznawanego za modelową chorobę autoimmunologiczną tocznia rumieniowatego układowego TRU, mimo niezwykle złożonych zależności pomiędzy genetyczną predyspozycją, mechanizmami epigenetycznymi, zmienioną funkcją układu immunologicznego oraz wpływem czynników środowiska wewnętrznego i zewnętrznego, potwierdzono rolę wielu czynników fizycznych (promieniowanie UV), chemicznych (krzem) i biologicznych (infekcje wirusowe, np. EBV) w patogenezie choroby, jak i w przebiegu zaostrzeń procesu zapalnego.

Niekorzystne zmiany stylu życia i sposobu odżywiania oraz postępujący wzrost nasycenia środowiska substancjami zaburzającymi homeostazę komórek lub posiadających właściwości generujące procesy autoagresji, skłaniają do poszukiwań zależności pomiędzy występowaniem choroby, a oddziaływaniem czynników środowiskowych. W tym kontekście, oprócz znajomości czynników genetycznych, predysponujących do wystąpienia choroby z autoagresji i identyfikacji poszczególnych wpływów środowiskowych, istotne znaczenie ma wiedza o niekorzystnych zmianach na poziomie komórek, wyrażonych zmianami stężeń pierwiastków chemicznych i destabilizacją stanu oksydacyjnego, związaną z zaburzeniami aktywności obronnych mechanizmów antyoksydacyjnych lub wzmożonym generowaniem reaktywnych form tlenu i azotu, a także nasileniem peroksydacji lipidów.

Etiopatogeneza i przebieg tocznia rumieniowatego układowego jest wynikiem złożonych interakcji pomiędzy tzw. czynnikami wewnętrznymi (WHO 2021), wśród których najważniejsze znaczenie mają uwarunkowania genetyczne, m.in. zależne od genów związanych i nie związanych z ludzkim antygenem zgodności tkankowej leukocytów (Human Leukocyte Antigen; HLA) oraz polimorfizm genów regulujących

odpowieź immunologiczną (*CTLA4*, *STAT4*), a czynnikami zewnętrznymi środowiska, których lista stale jest modyfikowana (np. krzem, estrogeny, infekcje). Istotną rolę pełnią, zależne od wpływu czynników zewnętrznych, mechanizmy epigenetyczne, prowadzące do autoimmunoagresji. Wobec braku stosownych danych należy szczególnie zbadać związki pomiędzy tymi czynnikami a powstawaniem, rozwojem i aktywnością TRU i układowych chorób tkanki łącznej (TRU, Zespół Sjögrena ZS, twardzina układowa TU). Dlatego naszymi celami badawczymi było:

1. Zbadanie, czy i w jakim zakresie występują różnice pomiędzy chorymi na toczeń rumieniowaty układowy, a grupą kontrolną w zakresie stężeń pierwiastków chemicznych Na, K, Ca, Mg, Be, Ba, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al, P, As, Se, Mo, Cd, Sn, Pb, Li, B, Sr, Sb.

2. Określenie aktywności procesów antyoksydacyjnych, stężeń białka stresowego ceruloplazminy i intensywności lipoperoksydacji (malonodialdehyd MDA) u pacjentów z toczeniem rumieniowatym układowym.

3. Określenie częstości występowania polimorfizmu genów *PTPN22*, *STAT4*, *CTLA4* i *COL1A1* u chorych na toczeń rumieniowaty układowy, z uwzględnieniem płci, regionu zamieszkania oraz wpływu tzw. czynników wewnętrznych (WHO 2021).

4. Ocena zależności pomiędzy aktywnością zapalną i immunologiczną toczenia rumieniowatego układowego, a obecnością polimorfizmów genów *PTPN22*, *STAT4*, *CTLA4* i *COL1A1*, z uwzględnieniem wpływ analizowanych czynników.

5. Określenie zależności pomiędzy stężeniami pierwiastków chemicznych, stylem życia, dietą, stosowaniem używek, a aktywnością zapalną i immunologiczną toczenia rumieniowatego układowego.

6. Ustalenie wpływu środowiska na wystąpienie, rodzaj i nasilenie objawów toczenia rumieniowatego układowego.

Podjęta w tej pracy analiza znaczenia polimorfizmów genowych i oddziaływania czynników środowiska zewnętrznego i wewnętrznego może przyczynić się do lepszego poznania wieloczynnikowej i nadal nie do końca poznanej etiopatogenezy TRU. Badania stężeń pierwiastków chemicznych i aktywności mechanizmów antyoksydacyjnych mogą odpowiedzieć na pytanie, jaki charakter ma zależność pomiędzy oddziaływaniem czynników środowiska a aktywnością zapalną i immunologiczną tej choroby.

Materiałem badawczym była surowica krwi. Grupa chorych (n = 119) obejmowała pacjentów z TRU, ZS i TU ze Szpitala Uniwersyteckiego nr 2 w Bydgoszczy, Regionalnego Szpitala Specjalistycznego w Grudziądzu i Powiatowego Zakładu Opieki Zdrowotnej w Starachowicach. Grupę kontrolną (n = 72) stanowili zdrowi ochotnicy kwalifikowani medycznie w szpitalu, pochodzący z regionów analizowanych względem rejonizacji chorych na TRU. Oznaczano u nich stężenie pierwiastków chemicznych, aktywności enzymatyczne, ceruloplazmina CP, MDA i polimorfizmy genetyczne. Dodatkowo w kontroli z terenów czystych (Bory Tucholskie, Poj. Mogileńskie) (n = 288) analizowano stężenie pierwiastków

chemicznych, aktywność enzymów, CP, intensywność lipoperoksydacji i polimorfizmy transferazy S-glutationowej GST.

Badanie stężenia pierwiastków chemicznych – spektrometria mas ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-MS). Oznaczenie aktywności enzymów antyoksydacyjnych (dysmutaza ponadtlenkowa SOD, katalaza CAT, peroksydaza glutationowa GPx, reduktaza glutationowa GR), poziomu CP i intensywności lipoperoksydacji (MDA) w surowicy – zestawy Cayman Chemicals Co. i Wuhan EIAab Sci. Badania molekularne (polimorfizmy genów *PTPN22*, *STAT4*, *CTLA4*, *COL1A1*) – izolacja DNA przy użyciu polimerazy MasterPure DNA Purification Kit™ (Epicentre an Illumina Co.).

Wyizolowany DNA (reakcja polimerazy łańcuchowej PCR) poddano rozdziałowi na żelu agarozowym (analiza jakościowa) i analizie spektrofotometrycznej (ilościowej). Zastosowano standardową elektroforezę z użyciem agarozy, roztworu TBE, Midori Green Advance DNA Stain, badanego DNA, zawieszono w buforze TE oraz markera wielkości. Następnie wdrożono procedurę PCR-RFLP z udziałem odpowiednich enzymów restrykcyjnych, rozpoznających polimorfizmy *PTPN22*, *STAT4*, *CTLA4*, *COL1A1* – amplifikację fragmentów DNA. Wariant RFLP wymagał „trawienia” produktu PCR z użyciem specyficznych enzymów restrykcyjnych (dobranych pod kątem poszukiwanych polimorfizmów). 3-rozdział uzyskanych produktów na żelu agarozowym, 4-wybarwienie, detekcja, utrwalanie. Korelacje czynników zewnętrznych i ankietowych (wiek, płeć, nałogi, dieta, narażenie zawodowe, schorzenia współistniejące i choroby przebyte, uwarunkowania dziedziczne).

U chorych wykazano różnice stężeń pierwiastków chemicznych, mogące wynikać z różnic w stylu życia, aktywności choroby, współistnienia innych chorób i miejsca zamieszkania. Porównując chorych z TRU oraz chorych na pozostałe UCHTŁ (ZS, TU) różnice stężenia dotyczyły Mg ($p = 0.002$), dla grup TRU-TU ($p = 0.011$) i TRU-ZS ($p = 0.011$) oraz Fe ($p = 0.020$) dla grupy TRU-ZS ($p = 0.038$). Można zakładać wyższą, niż pozostałych układowych chorób tkanki łącznej UCHTŁ, aktywność zapalną TRU, co powoduje zróżnicowanie stężeń pierwiastków istotnych dla procesów obrony antyoksydacyjnej. U chorych z TRU i ZS wykazano różnice rozkładów stężeń pierwiastków chemicznych, w porównaniu z kontrolą. Można zatem stwierdzić, że poziom ich zróżnicowania jest zależny od występowania układowej choroby tkanki łącznej.

Środowisko zamieszkania wpływa na poziom aktywności enzymów antyoksydacyjnych i poziom lipopoeroksydacji wśród chorujących na UCHTŁ. Świadczy to o istotnym wpływie czynników środowiskowych na przebieg reakcji związanych z utrzymaniem równowagi oksydacyjnej. Porównanie aktywności enzymów antyoksydacyjnych, lipopoeroksydacji i stężenia pierwiastków chemicznych pomiędzy chorymi z TRU z grupą kontrolną, wykazało wyższą aktywność SOD, CAT, GPx, CP w grupie z TRU. Wskazuje to na obecność reakcji obronnych w grupie chorujących na TRU.

U chorych z TRU i TU przeważał wariant *RW* genu *PTPN22* (57.3% i 56.2%), uznawany za predysponujący do występowania chorób z autoagresji. Mimo to polimorfizm *RR* dominował u chorych z ZS (66.7%), co skłania do uwzględnienia nadrozpoznawalności ZS wśród pacjentów z objawami zespołu suchości. Wariant *GG* genu *STAT4* występował u chorych z TRU w 60%, podczas gdy *GT* – w 22.7%. Dane wskazujące na częstszy w UCHTŁ allel *T*, jako związany z rozwojem zjawisk autoagresji, nie znalazły potwierdzenia w tej pracy. Wyniki analizy genów *CTLA4* i *COL1A1* nie pozwalają na wnioskowanie co do znaczenia ich polimorfizmów dla przebiegu UCHTŁ.

W wyniku ekspozycji na czynniki szkodliwe, w tym metale ciężkie, rozpuszczalniki i substancje chemiczne, wśród analizowanych parametrów wzrastała jedynie aktywność CAT. Wykazano zmniejszenie aktywności SOD w wyniku ekspozycji na metale ciężkie. Świadczy to o destabilizującym wpływie tych czynników na równowagę oksydacyjną komórek, sprzyjającym procesom zapalnym w przebiegu UCHTŁ.

Stosowanie leków immunomodulujących/immunosupresyjnych zmniejszało aktywność peroksydacji lipidów, wyrażaną stężeniem MDA i podwyższało aktywność GPx i GR, co miało korzystny wpływ na stan równowagi oksydacyjnej. Sulfasalazyna, Chlorochina i Hydroxychlorochina, nie wywierały wpływu na te procesy. Współwystępowanie z TRU CHZS korelowało z niższym stężeniem MDA ($r = -0.208$, $p = 0.047$), podczas gdy przy współistnieniu ZS stwierdzono niższą aktywność CAT ($r = -0.302$, $p = 0.004$). Może to świadczyć o destabilizacji równowagi oksydacyjnej w przypadku współwystępowania dwóch UCHTŁ.

Narażenie na używki (tytoń, alkohol) skutkowało wzrostem parametrów wskazujących na aktywność zapalenia (OB i CRP), a narażenie na czynniki szkodliwe – na aktywację związanych z TRU procesów immunologicznych (obniżenie składowej C3). Wykazano silną ujemną korelację aktywności TRU w skali SELENA-SLEDAI ze stężeniem Zn ($r = -0.975$, $p = 0.005$), wskazującą na zależność między destabilizacją gospodarki pierwiastkami zaangażowanymi w procesy antyoksydacyjne a aktywnością choroby. U chorych na UCHTŁ największy wpływ na stężenie pierwiastków chemicznych miała nieprawidłowa dieta, ekspozycja na czynniki szkodliwe i używki. U pacjentów ze zdiagnozowanym TRU wykazano istotne zmniejszenie się stężenia niektórych pierwiastków chemicznych (Mg: $r = -0.257$, $p = 0.008$; Fe: $r = -0.244$, $p = 0.013$). W przypadku zależności stężenia Fe i narażenia na czynniki szkodliwe; stężenia Cu i spożywania słodczy czy stężenia Zn stopnia aktywności fizycznej, może to mieć znaczenie dla wyższej aktywności zapalnej i immunologicznej TRU, związanej ze stresem oksydacyjnym.

O ile diagnostyka i terapia tocznia rumieniowatego układowego stanowią duże wyzwanie dla klinicystów, o tyle zagadnienia etiopatogenezy TRU, a w jeszcze większym stopniu określenie mechanizmów, leżących u podłoża procesów prowadzących do wystąpienia choroby lub wpływających na zmiany jej aktywności pozostają, przy obecnym stanie wiedzy, ciągle zagadnieniem wymagającym wielu

badan i analiz, skomplikowanych zależności, jakie zachodzą pomiędzy czynnikami genetycznymi, a zewnętrznymi i wewnętrznymi czynnikami środowiskowymi.

Przeprowadzona w ramach tej pracy analiza związków pomiędzy występowaniem polimorfizmów genowych, zmianami środowiska, wyrażonymi zmianami w stężeniach pierwiastków chemicznych i aktywnością obronnych mechanizmów antyoksydacyjnych, a aktywnością zapalną i immunologiczną tocznia, jest próbą określenia charakteru i znaczenia zaburzeń homeostazy procesów uszkodzenia komórek lub zakłócenia fizjologicznych zmian. Jakkolwiek istnieje wiele doniesień opisujących uwarunkowania genetyczne, odpowiadające za podatność na wystąpienie TRU i znaczenie oddziaływań środowiska zewnętrznego i wewnętrznego, prowadzących do wystąpienia choroby lub zaostrzającej jej przebieg, analizy opisujące zmiany, jakie zachodzą w aktywności obronnych mechanizmów antyoksydacyjnych oraz znaczenie zmian w stężeniach pierwiastków, w tym szczególnie tych, które są zaangażowane w procesy obrony przed stresem oksydacyjnym, są stosunkowo nieliczne.

Podjęta w naszej pracy tematyka jest próbą poszerzenia wiedzy na temat powyższych, niezwykle ważnych, a wciąż słabo poznanych procesów. Lepsze zrozumienie tego aspektu tocznia rumieniowatego układowego może przyczynić się do wyjaśnienia różnorodności obrazu klinicznego TRU, może ułatwić identyfikację potencjalnego zagrożenia wystąpieniem choroby, zależnego od obecności podatności genetycznej, w tym np. określonego polimorfizmu genowego, pomóc określić znaczenie ekspozycji na konkretne czynniki środowiskowe, może wyjaśnić charakter zależności pomiędzy zmianami środowiska komórkowego/tkankowego, a procesami autoimmunizacji, prowadzącymi do stanu zapalnego. Znajomość wszystkich aspektów pozwoli na podjęcie działań zapobiegawczych wobec nosicieli polimorfizmów genów predysponujących do wystąpienia TRU, pozwalających uniknąć ekspozycji na oddziaływania środowiska, skutkujące zapoczątkowaniem zjawisk autoagresji, a w dalszej kolejności klinicznie jawnej choroby. Może też przyczynić się do podjęcia działań, zmierzających do ograniczenia nasycenia środowiska czynnikami o potwierdzonym patogennym znaczeniu dla wystąpienia TRU. Praca ta może przyczynić się do opracowania, w oparciu o identyfikację elementów etiopatogenezy, metod ograniczających konsekwencje przebiegu UCHTŁ.

Analiza badanych zależności umożliwi zatem identyfikację czynników środowiskowych (WHO 2019), istotnych dla wystąpienia i aktywności TRU oraz różnic w obrazie klinicznym choroby. Określenie rodzaju polimorfizmów genów, istotnych dla regulacji procesów immunologicznych, pozwoli poznać grupy ryzyka wystąpienia lub agresywnego przebiegu choroby, w korelacji z ekspozycją na różne czynniki. Wobec słabo poznanych przyczyn rozwoju TRU, analiza interakcji badanych czynników i zróżnicowania genetycznego pozwoli lepiej poznać mechanizmy patogenetyczne TRU prowadzące do wystąpienia poszczególnych objawów choroby oraz opracować nowe, bardziej skuteczne metody zapobiegania i leczenia tej choroby.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Piotr Ignaczak³, Natalia Kurhaluk⁴, Tomasz Stuczyński^{5,6},
Halina Tkaczenko⁴**

**POLIMORFIZMY GENOWE I STĘŻENIA PIERWIASTKÓW CHEMICZNYCH
W ARTROPATIACH WIELOSTAWOWYCH**

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl;*

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

³*University Hospital No. 2 named Dr. J. Biziel in Bydgoszcz, Department of Rheumatology and Systemic Connective Tissue Diseases with the Clinical Department of the Spa Rheumatological Rehabilitation, Bydgoszcz, e-mail: pmi@autograf.pl;*

⁴*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland, e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl;*

⁵*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com*

⁶*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: reumatoidalne zapalenie stawów; choroba zwyrodnieniowa stawów; dna moczanowa; stres oksydacyjny; gospodarka pierwiastkowa; metale ciężkie; antyoksydanty; polimorfizm genetyczny; PTPN22; CTLA4; STAT4; COL1A1

Choroby stawów są dużym problemem współczesnej medycyny. Z badań przeprowadzonych przez Światową Organizację Zdrowia (WHO 2019) wynika, że choroby kości i stawów stanowią połowę wszystkich przewlekłych chorób u ludzi powyżej 65. roku życia. Stanowią też znaczny problem zdrowotny i społeczny wśród osób w okresie produkcyjnym. Z ich powodu cierpi kilkaset milionów ludzi na całym świecie. Wśród chorób stawów istotną grupę stanowią tzw. artropatie wielostawowe (AW). Są niejednorodną grupą chorób z zajęciem stawów. Przykładem najczęściej występujących są m.in. choroba zwyrodnieniowa stawów (CHZS), reumatoidalne zapalenie stawów (RZS) i dna moczanowa (DM).

Wszystkie te zmiany, to przykłady artropatii o zbliżonym obrazie klinicznym, jednak mimo zajęcia wielu stawów, każda prezentuje nieco inne objawy i przebieg, a ich etiopatogeneza w znacznym zakresie nadal nie została poznana. Etiologia każdej z nich jest złożona i wieloczynnikowa. W tych zmianach wykazano do tej pory istotny wpływ czynników genetycznych, środowiskowych i określonych reakcji układu immunologicznego. Prawdopodobnie ten wpływ poszczególnych składowych, jak i rodzaj konkretnych czynników oddziaływania, jest różny w różnych AW, jednak nie można wykluczyć elementów wspólnych, warunkujących dominujące zajęcie stawów w każdej z nich.

Artropatie wielostawowe są niejednorodną grupą chorób z zajęciem stawów. Każda z wybranych jednostek prezentuje etiopatologicznie inny obszar tych schorzeń. Reumatoidalne zapalenie stawów jest chorobą autoimmunologiczną, dna moczanowa ma podłoże metaboliczne, a choroba zwyrodnieniowa stawów, to głównie efekty bezpośredniego działania czynników biologicznych i mechanicznych na chrząstkę stawu. Dokładne mechanizmy etiopatologiczne nadal nie są w pełni poznane. Udowodniono wpływ wielu czynników środowiskowych na wystąpienie i przebieg ww. chorób. Pewną rolę odgrywają predyspozycje genetyczne, w tym polimorfizmy genów regulujących odpowiedź immunologiczną, procesy epigenetyczne, sprzyjające rozwojowi autoagresji, ale mogące mieć wpływ na inne jednostki z grupy AW.

Materiałem badawczym była surowica krwi. Grupa badana (n=184) obejmowała chorych z ChZS (n = 57), RZS (n = 111) i DM (n = 16) – pacjenci Szpitala Uniwersyteckiego w Bydgoszczy, Regionalnego Szpitala Specjalistycznego w Grudziądzu i Regionalnego Zakładu Opieki Zdrowotnej w Starachowicach.

Przeprowadzono analizy występowania polimorfizmów genetycznych *PTPN22*, *CTLA4*, *STAT4*, *COL1A1*, stężenia Na, K, Ca, Mg, Be, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al, Si, P, S, As, Se, Mo, Cd, Sn, Pb, aktywności enzymów antyoksydacyjnych (dysmutaza ponadtlenkowa SOD, katalaza CAT, peroksydaza glutationowa GPx, reduktaza glutationowa GR), białka stresowego ceruloplazminy (CP) i intensywności lipoperoksydacji (stężenie dialdehydu malonowego MDA) u pacjentów z RZS, CHZS i DM. Analizy konfrontowano z czynnikami ankietowymi, określającymi szereg uwarunkowań środowiskowych.

Istotne różnice pomiędzy rozkładami ($p < 0,05$) w analizowanych artropatiach wykazano dla Mg, Co, K, Al, Cr i Mn. Dla Al i Mn były to silne zależności ($p < 0,01$). Mediana stężenia K i Ca była istotnie wyższa w grupie DM, niższa dla CHZS, a najniższa dla RZS. Mediana stężeń Al, Cr i Mn była najniższa dla DM, nieco wyższa dla CHZS, a najwyższe wartości osiągnęła dla RZS. Mediana dla Mg osiągnęła najwyższe wartości dla CHZS, niższe dla DM, a najniższe dla grupy chorych na RZS.

Pomiędzy grupami badanych AW nie wykazano różnic aktywności enzymów antyoksydacyjnych. Istotnie ($p = 0,012$) różnił się poziom ceruloplazminy. Najwyższy stwierdzono w RZS (Me = 460.5), niższy w DM (Me = 392.6), a najniższy w CHZS (Me = 316.5).

Dla genu *COL1A1* wykazano istotne różnice częstości występowania „0”, GG i GT między CHZS, a RZS. Warianty polimorficzne wykazano istotnie częściej wśród chorych na CHZS, niż RZS (35.9% vs. 4,7%). Również dla genu *STAT4* stwierdzono istotne różnice częstości występowania „0” i GG pomiędzy CHZS a RZS. Ponownie częściej (83% vs. 45.8%) występowały warianty polimorficzne w grupie CHZS. Dla *CTLA4* w RZS nie zarejestrowano polimorfizmów, natomiast dla CHZS i DM u >60% pacjentów wykazano polimorfizmy AA, GA i GG (z powodu małych częstości oczekiwanych niemożliwe było wykonanie testu częstości występowania).

Istotne zależności stężenia pierwiastków od polimorfizmów różniły się w poszczególnych jednostkach chorobowych. W CHZS wykazano je pomiędzy *STAT4* a

stężeniem Na, Ca i Zn; dla *COL1A1* – z Na i Mg; dla *PTPN22* – z Co, Ni i Sn, natomiast dla *CTLA4* istotną zależność uzyskano dla Ni. Bardzo wysoki poziom zależności ($p < 0,01$) wykazano pomiędzy allelem GG genu *STAT4*, a stężeniem Zn. Dla grupy z allelem GG wykazano najniższe stężenia Zn, a dla grupy bez identyfikacji alleli polimorficznych – najwyższe stężenia Zn. Sugeruje to częstsze występowanie polimorfizmów przy niższych stężeniach Zn w surowicy w tej grupie chorych. W pozostałych AW wykazano znacznie mniej zależności i dotyczyły one wyłącznie genu *STAT4*. W RZS z występowaniem polimorfizmu tego genu korelował poziom Ba, a w DM – poziom Fe i As.

W RZS związek między środowiskiem zamieszkania, a poziomem GR, GPx i CAT był uwarunkowany różnicami w występowaniu polimorfizmów genu *STAT4*. Brak identyfikacji polimorfizmów był częstszy w regionie Bydgoszczy, niż Grudziądzka i był związany z wyższą aktywnością tych enzymów, w porównaniu z polimorfizmami GG i GT. Dlatego u pacjentów z regionu Bydgoszczy aktywność tych enzymów była wyższa. W CHZS poziom SOD był niższy u nosicieli alleli polimorficznych GG genu *COL1A1*, w stosunku do grupy bez identyfikacji polimorfizmów („0”). W regionie bydgoskim wykazano istotnie niższe poziomy ceruloplazminy (CP), przy jednocześnie znacznie wyższej aktywności GPx, w regionie grudziądzkim. Zależność aktywności GPx i CP od regionu była silna ($p < 0.01$). Stężenia CP były wyższe u kobiet, niż u mężczyzn, podczas gdy dla MDA rejestrowano odwrotny związek. Dla DM nie znaleziono podobnych zależności.

Istotne zależności między dietą, paleniem tytoniu i stylem życia wykazano dla CHZS. Narażenie na czynniki szkodliwe ogółem i stopień narażenia średni wykazywały istotny związek z poziomem GR. Natomiast palenie w przeszłości zmniejszało poziom CP. Wzrost spożycia warzyw zmniejszał stężenia As ($p = 0.04$), natomiast wzrost spożycia ryb bardzo istotnie zwiększał jego stężenie ($p = 0.009$). Większe spożycie ryb zwiększało też stężenie Se ($p = 0.031$). Poziom Sn w surowicy był związany z deklarowanym narażeniem na czynniki szkodliwe. Dla stężenia Cd wykazano zależność od palenia tytoniu w przeszłości. W grupie chorych na CHZS stężenie Cd było wyraźnie wyższe u palaczy wobec grupy nigdy nie palących ($Me = 0.08$ vs. 0.01 , $p = 0.002$). Podobną zależność wykazano dla Pb ($Me = 5.75$ vs. 4.05 , palacze/niepalący, $p = 0.029$).

Poznanie aspektów genetycznych, w powiązaniu z czynnikami środowiskowymi, wzajemnym wpływem na poziom pierwiastków chemicznych i mechanizmy obronne, może pozwolić na poszerzenie wiedzy o każdej z tych chorób z osobna. Prace porównawcze dają wiedzę o różnicach (te są już dość dobrze poznane), ale i podobieństwach pomiędzy chorobami. W tej pracy badano trzy jednostki z grupy artropatii wielostawowych, które mimo pewnych podobieństw (szczególnie zajęcia stawów) zasadniczo wydają się różnić od siebie. Etiologia CHZS jest zasadniczo powszechnie kojarzona z procesem mechanicznym (zużycia), RZS to proces autoimmunologiczny, natomiast DM ma przede wszystkim tło pierwotnie metaboliczne. Jednak, co próbowano wykazać, te trzy słabo porównywalne jednostki,

mają wiele cech wspólnych. Być może jest ich więcej, niż się wydaje obecnie. Szukanie podobieństw wśród nich wydaje się być szczególnie ważne dla CHZS.

O ile w leczeniu RZS w ostatnich latach na skutek m.in. wprowadzenia leków biologicznych poczyniono wielki postęp, leczenie dny moczanowej wobec znajomości pierwotnego czynnika wywołującego, jakim jest hiperurykemia, obecnie jest mniejszym wyzwaniem, jednak w leczeniu CHZS ten postęp jest nikły. Wykazanie współzależności uczyni krok w kierunku zastosowania terapii obecnie stosowanych w RZS do leczenia CHZS, przynajmniej w niektórych aspektach.

Wyniki analizy interakcji pomiędzy czynnikami środowiska i genomem mogą pozwolić lepiej zrozumieć mechanizmy powstania AW, wytyczyć nowe kierunki badań i leczenia. Szczególnie istotne może to być w kontekście leczenia choroby zwyrodnieniowej stawów, gdzie wciąż są bardzo ograniczone możliwości leczenia przyczynowego. Określenie występowania i rodzaju polimorfizmów genów istotnych dla regulacji procesów AW może pozwolić identyfikować grupy ryzyka wystąpienia lub agresywnego przebiegu choroby, w korelacji z ekspozycją na wybrane czynniki środowiskowe. Połączenie analizowanych danych pozwala na analizę kombinacji czynników zewnętrznych, generujących procesy epigenetyczne w AW.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Małgorzata Lorek¹, Natalia Kurhaluk³, Tomasz Stuczynski^{4,5},
Halina Tkaczenko³**

ŚRODOWISKOWE I GENETYCZNE UWARUNKOWANIA UZALEŻNIEŃ U CHORYCH PRZYJMUJĄCYCH SUBSTANCJE PSYCHOAKTYWNE

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl;*

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland,
e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl;*

⁴*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁵*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: uzależnienie, opioidy, pierwiastki chemiczne, enzymy antyoksydacyjne, czynniki nieenzymatyczne, stres oksydacyjny, ceruloplazmina, dialdehyd malonowy, polimorfizmy genetyczne, środowisko

Uzależnienie od opioidów jest przewlekłą, nawrotową chorobą ośrodkowego układu nerwowego, złożoną pod względem etiologii, mechanizmów molekularnych, przebiegu klinicznego oraz leczenia. U podłoża tego procesu leżą wzajemne uwarunkowania społeczno-psychologiczne, środowiskowe i genetyczne. Uzależnienie charakteryzuje się rozregulowaniem układów odpowiedzialnych w

mózgu za mechanizmy nagrody i procesy motywacyjne. Wynikiem częstych nawrotów do stosowania opioidów, powtarzania epizodów zatrucia organizmu i stanów odstawienia są zmiany w strukturze i funkcjonowaniu mózgu. Następują zmiany neuroplastyczne synaps w układzie nagrody, modyfikacja sieci neuronalnych, zaburzenia w systemach neurochemicznych oraz w stanach równowagi pomiędzy różnymi układami neuroprzekazników.

Według danych Krajowego Biura ds. Przeciwdziałania Narkomanii szacuje się, że w 2018 roku w Polsce było około 15 tys. osób uzależnionych od opioidów. Nie wszystkie osoby używające substancji psychoaktywnych ostatecznie uzależniają się. W ciągu życia wiele ludzi ma kontakt z tymi substancjami, tylko u niewielkiego odsetka spośród nich rozwija się w ciągu życia istotny z klinicznego punktu widzenia zespół uzależnienia. Nawet w przypadku silnie uzależniających substancji, jakimi są opioidy, waha się on w granicach 8-12% w przypadku leczenia przewlekłego bólu. Wiedza w tym zakresie jest słaba i wymaga uzupełnień.

Grupę chorych ($n = 73$) stanowili pacjenci uzależnieni od opioidów, leczeni substytucyjnie metadonem w ośrodkach leczenia uzależnień w Lublinie, Łodzi, Szczecinie, Bydgoszczy. Grupę kontrolną ($n = 60$) stanowili zdrowi, nieuzależnieni od opioidów i innych substancji psychoaktywnych dorośli ochotnicy z Bydgoszczy i najbliższych okolic. W osoczu uczestników badania określono stężenie Ca, Mg, Na, K, P, Mn, Fe, Cu, Co, Zn, Cr, Ni, Tl, Se, Al, B, Mo, V, Sn, Sb, Ag, Sr, Ba, Cd, Hg, As, Pb, Be, Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, In (ICP-MS). W osoczu zbadano aktywność mechanizmów antyoksydacyjnych enzymatycznych (SOD, CAT, GPx, GR), poziom czynników nieenzymatycznych (glutation GSH, bilirubina, kwas moczowy, witamina E), białka stresowego ceruloplazminy (CP), retinolu i poziom nasilenia lipoperoksydacji (malonodialdehyd MDA) (PZ Cormay, Cayman Chemicals Co., Wuhaan EIAab Sci., HPLC). Określono zależności między tymi parametrami a uzależnieniem od opioidów. Wykonano badania molekularne (PCR-RFLP) we krwi osób badanych w celu znalezienia polimorfizmów genów potencjalnie związanych ze zwiększoną podatnością na rozwój uzależnienia od opioidów.

Wykazano, iż najsilniejszym czynnikiem predysponującym do wystąpienia (rozwoju) uzależnienia była płeć męska (OR = 7.55; $p < 0.01$), miejsce zamieszkania w dużych miastach (OR = 2,79; $p = 0,003$), rodzaj pracy (OR = 19.98; $p < 0.01$) oraz uzależnienie od narkotyków i leków opioidowych w rodzinie (OR = 5.99; $p = 0.003$). Wykazano istotny wpływ na możliwość zakwalifikowania do grupy chorych takich czynników, jak: wiek, wykształcenie, stopień narażenia na czynniki szkodliwe w pracy i czas pracy w danym miejscu. Osoby uzależnione od opioidów (87.7%) paliły tytoń częściej od osób z grupy kontrolnej (23.3%; $p < 0.001$), paliły dłużej i większą ilość papierosów. Więcej osób z grupy uzależnionych od opioidów (8.0%) było w wysokim stopniu narażonych na czynniki szkodliwe w pracy niż osób z grupy kontrolnej (6.7%; $p = 0.045$). Nieznacznie więcej osób z grupy uzależnionych (6.3%), w porównaniu z osobami z grupy kontrolnej (0.0%), było narażonych na kontakt z

metalami ciężkimi ($p = 0.049$). U chorych występowały zaburzenia depresyjne częściej (42.5%) niż w populacji osób z grupy kontrolnej (10.0%; $p < 0.001$). Osoby uzależnione od opioidów miały istotnie niższy poziom fosforu P i wyższy poziom Na, K i Ca ($p < 0.001$; $p < 0.05$; $p < 0.05$; $p < 0.001$), niż osoby z grupy kontrolnej, co może być skutkiem zmiany metabolizmu tych pierwiastków pod wpływem opioidów.

Wykazano wzrost stężenia mikroelementów (Mn, Fe, Cu, Co, Zn, Cr, Ni, Tl, Se, Al, B, Mo, V, Sn, Sb, Ag, Sr, Ba), metali toksycznych (Cd, Hg, As, Pb) i niektórych pierwiastków ziem rzadkich (Sc, La, Ce, Pr, Eu, Gd, Nd) ($p < 0,001$). W grupie kontrolnej wykazano 95 istotnych korelacji pomiędzy pierwiastkami chemicznymi, zaś u osób uzależnionych od opioidów – 348. W grupie chorych najwięcej korelacji wykazały: Pr (30), Na (29), Mn (29), Y (29), Sc (28), La (28), Cr (27), Al (26), Ca (24), Sb (24). W grupie osób uzależnionych od opioidów najsilniejsze korelacje odnotowano pomiędzy stężeniami: Na i Ca ($\rho = 0.83$), Y i La ($\rho = 0.76$), Ce i Pr ($\rho = 0.71$), La i Pr ($\rho = 0.71$), Pr i Al ($\rho = 0.70$), Cr i Ni ($\rho = 0.69$), Mn i Cr ($\rho = 0.67$), Y i Ce ($\rho = 0.66$), Y i Pr ($\rho = 0.66$), La i Al ($\rho = 0.65$).

Najwięcej istotnych korelacji z pierwiastkami chemicznymi w grupie chorych wykazały: MDA (7 korelacji), α -tokoferol (6 korelacji), SOD (6 korelacji). Najsilniejsze korelacje (istotne, pozytywne, umiarkowane) w grupie chorych wykazano pomiędzy poziomem Mg i MDA ($\rho = 0.48$) oraz pomiędzy poziomem Sb i MDA ($\rho = 0.48$). Stwierdzono, że osoby uzależnione od opioidów miały istotnie niższą aktywność SOD i GPx, niż osoby z grupy kontrolnej ($p < 0,001$). Stwierdzono wyższą aktywność CAT ($p < 0.001$), GR ($p = 0.001$), wyższe stężenie CP ($p < 0.001$), bilirubiny ($p < 0,001$), retinolu ($p < 0.001$), α -tokoferolu ($p < 0.001$) i kwasu moczowego ($p = 0.018$) w osoczu osób uzależnionych od opioidów.

Udowodniono, iż komponenty nieenzymatycznej i enzymatycznej obrony przed stresem oksydacyjnym wzajemnie się dopełniają; w grupie kontrolnej wykazano 5 istotnych korelacji, w grupie chorych 8. Wykazano dwie istotne statystycznie różnice dla polimorfizmu *ANKK1 Taq1 A*. Więcej osób w grupie uzależnionych od opioidów miało genotyp *TT* (47.9%), niż w grupie kontrolnej (12.1%) ($p < 0.001$). Więcej osób w grupie kontrolnej miało genotyp *CC* (58.6%) niż w grupie uzależnionych od opioidów (15.1%) ($p < 0.001$). Wykazano dwie istotne różnice dla polimorfizmu *DRD2 -141C Ins/Del*. Więcej osób w grupie chorych, uzależnionych od opioidów miało genotyp *Ins/Ins* (100%) niż w grupie kontrolnej (93.1%; $p = 0.022$). Natomiast więcej osób w grupie kontrolnej miało genotyp *Ins/Del* (6.9%) niż w grupie uzależnionych od opioidów (0.0%; $p = 0.022$). Wykazano, że u osób uzależnionych z genotypem *ANKK1 Taq1 A–TT*, poziom Na, Al, Fe, Mn, Y, La, Ce, Pr i Tb był niższy, niż u osób, które posiadały genotypy *CT* i *CC* ($p < 0.05$).

Analizy wariancji wykazały różnice w interakcji badanych czynników: chorzy-kontrola, genotypy (*ANKK1 Taq1 A–CT*, *DRD2 Taq1 B–GA*, *DRD2 Taq1 B–AA*), spożywanie warzyw, spożywanie nabiału, narażenie w pracy na czynniki szkodliwe i ich wpływ na badane czynniki: stężenie pierwiastków chemicznych i kwasu moczowego. W modelach regresji czynników enzymatycznych i nieenzymatycznych

systemu obrony antyoksydacyjnej u chorych stwierdzono wysoki związek poziomu SOD i poziomu dwóch najsilniejszych predyktorów poziomu SOD: Na i Pb (81%) oraz poziomu GPx i poziomu najsilniejszych predyktorów poziomu GPx: La, Nd i Er (79%). Wyniki wskazują na istotną zależność pomiędzy czynnikami środowiskowymi i genetycznymi a uzależnieniem od opioidów. Najsilniejszym czynnikiem uzależnienia jest płeć męska, miejsce zamieszkania w dużych miastach, rodzaj pracy (fizyczna, bezrobocie, status emeryta/rencisty), uzależnienie od opioidów w rodzinie.

U chorych wykazano destabilizację gospodarki pierwiastkowej. Wzrost stężenia mikroelementów (Mn, Fe, Cu, Co, Zn, Cr, Ni, Tl, Se, Al, B, Mo, V, Sn, Sb, Ag, Sr, Ba), metali toksycznych (Cd, Hg, As, Pb) i innych pierwiastków (Sc, La, Ce, Pr, Eu, Gd, Nd) może wskazywać na ich udział w rozwoju uzależnienia od opioidów. Najważniejszy wpływ na zwiększenie podatności na rozwój uzależnienia mogą wykazywać Cd, Pb, Ni, Mn. Pierwiastki chemiczne, które wykazały najwięcej korelacji z innymi pierwiastkami w grupie chorych, mogą być ważnymi czynnikami rozwoju uzależnienia od opioidów (Sc, Pr, Na, Mn, La, Cr, Al, Ca, Sb).

Obniżenie aktywności SOD i GPx przemawia na korzyść teorii o zaburzeniach systemu antyoksydacyjnego u osób uzależnionych od opioidów. Genotypy *ANKK1 Tag1 A-TT* oraz *DRD2 -141C Ins/Del-Ins/Ins* mogą stanowić potencjalne markery genetyczne, które zwiększają podatność na uzależnienie od opioidów. Wykazany związek uzależnienia od opioidów ze zwiększonym stężeniem pierwiastków toksycznych i indukcją stresu oksydacyjnego wskazuje na rolę czynników epigenetycznych w rozwoju uzależnienia. Zarówno stres oksydacyjny, jak i niektóre pierwiastki chemiczne, są czynnikami zmieniającymi epigenetyczne modyfikacje chromosomów (acetylacja histonów i metylacja promotorów genów związanych z zapaleniem), co przyczynia się do nadekspresji tych genów i promocji zwiększenia wrażliwości na rozwój uzależnienia. Uzależnienia jako choroby o złożonej etiologii, z interakcjami genetycznymi i środowiskowymi, generują konieczność inicjowania stosowania odpowiednich substancji psychoaktywnych, w tym opioidów.

Osoby uzależnione od opioidów należą do grupy wysokiego ryzyka zakłócenia wielu procesów homeostatycznych. Badania w ramach tej pracy wskazują, iż gospodarka pierwiastkowa, obrona antyoksydacyjna, czynniki środowiskowe, aspekty genetyczne, czynniki społeczno-psychologiczne są ze sobą powiązane i wspólnie wpływają na uzależnienie. Szacuje się, że udział czynników genetycznych w podatności na rozwój uzależnienia od narkotyków wynosi 40-60% co oznacza, że genetyka prawdopodobnie odpowiada za około połowę ryzyka danej osoby. Geny oddziałują ze sobą (epitaza) oraz ze środowiskiem biologicznym i zewnętrznym (interakcja gen-środowisko), aby jednostka była mniej lub bardziej podatna na rozwój tych złożonych zaburzeń. Wykazany związek uzależnienia od opioidów ze zwiększonym stężeniem pierwiastków toksycznych i indukcją stresu oksydacyjnego może wskazywać na potencjalną rolę czynników epigenetycznych w rozwoju uzależnienia. Zarówno stres oksydacyjny, jak i toksyczne pierwiastki chemiczne (zawarte również w dymie tytoniowym) są czynnikami zmieniającymi epigenetyczne

modyfikacje chromosomów, takie jak acetylacja histonów i metylacja promotorów genów związanych z zapaleniem, co przyczynia się ostatecznie do nadekspresji tych genów i promocji zwiększenia wrażliwości na rozwój uzależnienia. Uzależnienia są uważane za choroby o etiologii złożonej, w której zasadniczą rolę odgrywa interakcja czynników genetycznych, środowiskowych, społeczno-psychologicznych przyczyniająca się zarówno do zainicjowania używania substancji psychoaktywnych, jak i do rozwoju uzależnienia.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Sylwia Brodzka¹, Halina Tkaczenko³, Tomasz Stuczyński^{4,5},
Natalia Kurhaluk³**

ŚRODOWISKOWE I IMMUNOGENETYCZNE UWARUNKOWANIA ZWYRODNIENIA PLAMKI ŻÓLTEJ

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl, sylwia.brodzka@cm.umk.pl;*

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland, e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl;*

⁴*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁵*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: zwyrodnienie plamki żółtej; stres oksydacyjny; metale ciężkie; antyoksydanty; polimorfizm genetyczny; Il-4; GST

Zwyrodnienie plamki żółtej (AMD, ang. *Age-related Macular Degeneration*) jest jedną z głównych przyczyn utraty wzroku u osób starszych na całym świecie. Schorzenie to dotyczy centralnej części siatkówki oka, zwanej plamką żółtą, która jest odpowiedzialna za ostrość widzenia oraz rozpoznawanie szczegółów. AMD prowadzi do postępującej degeneracji komórek siatkówki, co ma poważne konsekwencje dla jakości życia pacjentów, w tym trudności w wykonywaniu codziennych czynności, takich jak czytanie czy prowadzenie pojazdów. Wiele badań wskazuje na złożony charakter patogenezy AMD, w której kluczową rolę odgrywają zarówno czynniki środowiskowe, jak i immunogenetyczne. Ekspozycja na czynniki ryzyka, takie jak palenie tytoniu, otyłość, nadciśnienie tętnicze oraz niezdrowa dieta, może prowadzić do zwiększonej podatności na rozwój tego schorzenia. Z drugiej strony, badania nad polimorfizmami genowymi ujawniły, że dziedziczne uwarunkowania również mają znaczący wpływ na ryzyko wystąpienia AMD, co sugeruje istotną interakcję między genami a środowiskiem.

Zwyrodnienie plamki żółtej (AMD) jest przewlekłą chorobą oczu, która kojarzona była z osobami po 50 r.ż. Obecnie pojawia się u coraz młodszych osób. W populacji kaukaskiej choroba ta jest najczęstszą przyczyną ślepoty. W dalszym ciągu mechanizm rozwoju AMD nie jest dokładnie poznany, jednak istotnym czynnikiem rozwoju jest stres oksydacyjny, który uznawany jest za główny czynnik ryzyka. Na skutek działania czynników stresowych dochodzi do zmian w budowie plamki żółtej, następnie do podsiatkówkowych wynaczynień krwi, powstawania druz i niszczenia fotoreceptorów w plamce żółtej. Wyróżnia się dwie formy AMD: suchą, która jest łagodniejszym typem i wysiękową o gwałtowniejszym przebiegu. W tej pracy skupiono się na analizie mokrej formy AMD. Rozwój AMD składa się z czterech etapów: lipofuscynogenezy, druzogenezy, miejscowego stanu zapalnego i neowaskularyzacji. W pierwszym z etapów w nabłonku barwnikowym siatkówki (RPE) jest wytwarzana lipofuscyna, następnie na skutek jej upośledzonego procesu fagocytozy dochodzi do odkładania się złogów i tworzenia się druz. W efekcie ciała obce generują rozwój miejscowego stanu zapalnego wskutek którego w ostatnim etapie dochodzi do tworzenia nowych naczyń krwionośnych pod siatkówką, w obrębie plamki żółtej i do degradacji RPE.

Materiałem badawczym była krew pełna i osocze od 83. osób z AMD i 121. zdrowych ochotników. Wszyscy pochodzili z województwa lubuskiego. Wykonano analizy, określając zależności rozwoju AMD od tzw. czynników wewnętrznych (miejsce zamieszkania, płeć, wiek, dieta, nałogi, choroby współistniejące, leki). We krwi oznaczono stężenie pierwiastków chemicznych (Ca, Mg, Na, K, P, Mn, Fe, Zn, Cu, Se, Mo, Cr, Li, V, Co, Ag, Ba, Ti, Tl, Sr, Al, Ni, Sn, B, Sb, Hg, Cd, Pb, As, Be); ICP-MS. Aktywność enzymów antyoksydacyjnych (dysmutaza ponadtlenkowa SOD, katalaza CAT, peroksydaza glutationowa GPx, reduktaza glutationowa GR) określono za pomocą zestawów Cayman Chemicals Co., a aktywność nieenzymatycznych mechanizmów antyoksydacyjnych (glutation GSH, bilirubina, kwas moczowy, all-trans retinol, alfa-tokoferol) – stosując zestawy Cayman Chemicals Co., Cormay i przy użyciu chromatografii HPLC. Stężenie wskaźnika lipoperoksydacji (dialdehyd malonowy MDA) wyznaczono przy użyciu odczynników firmy Cayman Chemicals Co., a białka ostrej fazy (caruloplazmina CP) – korzystając z zestawów firmy Wuhan EIALab Science Co. Zbadano również występowanie polimorfizmów w genach *GSTT1*, *GSTM1* i *Il-4* (wariant *C589T*) i podjęto próbę zbadania polimorfizmu w genie *VEGF-A*.

Analiza wyników wykazała istotne statystycznie różnice dla płci żeńskiej ($P = 0.001$), miejsca zamieszkania ($P = 0.304$), wieku i stopnia wykształcenia ($P < 0,001$), wskaźnika masy ciała BMI ($P < 0.001$), diety, palenia papierosów (obecnego; $P = 0.016$ i w przeszłości; $P = 0.10$), przyjmowania leków i suplementów diety ($P = 0.003$), narażenia na czynniki szkodliwe ($P < 0,001$) i chorób współistniejących ($P < 0.001$). Wyniki analizy gospodarki pierwiastkowej wskazały na największy udział Mn i P u osób chorych, a w grupie kontrolnej najistotniejsze były: Pb, Na, Cr, Mn i Ba.

W analizie parametrów antyoksydacyjnych istotne statystycznie różnice pomiędzy badanymi grupami wykazano dla SOD ($P < 0.001$), CAT ($P < 0.001$) i GPx ($P < 0.001$), bilirubiny ($P < 0,001$), kwasu moczowego ($P = 0.018$), all-trans retinolu ($P < 0.001$) i α -tokoferolu ($P < 0.001$). Również MDA ($P = 0.003$) i CP ($P < 0.001$) wykazały istotne różnice. W grupie osób chorych wykazano wiele korelacji pomiędzy aktywnością GPx i SOD ($r = 0.301$), GSH i stężeniem CP ($r = 0.303$), stężeniem α -tokoferolu i all-trans retinolu ($r = 0.365$), GSH i bilirubiny ($r = 0.317$) i SOD ($r = -0.300$), Fe i CAT ($r = 0.324$), stężeniem P i α -tokoferolu ($r = 0.359$), Na i GSH ($r = 0.343$), Li i GSH ($r = 0.328$), Ca i GSH ($r = 0.318$), Al i α -tokoferolu ($r = -0,329$). Wśród zdrowych osób wykazano zależności pomiędzy koncentracją GSH i aktywnością CAT ($r = 0.460$), stężeniem CP i bilirubiny ($r = -0,311$), stężeniem i aktywnością Fe i CAT ($r = 0,310$), Cd i CAT ($r = 0.329$), Sn i CAT ($r = 0.386$), Pb i CAT ($r = 0.411$), Fe i SOD ($r = 0.411$), stężeniem Zn i CP ($r = 0.485$), Pb i CP ($r = 0.340$), Li i all-trans retinolem ($r = 0.351$), B i α -tokoferolem ($r = 0,324$), Pb i α -tokoferolem ($r = 0.434$), K i bilirubiną ($r = 0.302$), Mo i bilirubiną ($r = 0.374$), stężeniem i aktywnością Li i GSH ($r = 0.342$), Fe i GSH ($r = 0.452$), Sn i GSH ($r = 0.349$), Pb i GSH ($r = 0.353$), K i CP ($r = -0.571$), Sb i α -tokoferolem ($r = -0.315$) oraz K i α -tokoferolem ($r = -0,395$).

W zakresie badań molekularnych odnotowano istotne statystycznie różnice dla polimorfizmu *Il-4* ($P = 0.002$) w występowaniu zmienionego allelu *T* u osób chorych oraz istotne różnice dla *Sr* ($P = 0.038$). Analiza zmian w obrębie genotypów *GSTT1* i *GSTM1* nie wykazała istotnych różnic pomiędzy badanymi grupami ($P = 0.076$). Jednak stwierdzono istotne różnice dla all-trans retinolu ($P = 0.025$).

Wyniki wykazały istotną rolę degradacji środowiska, która manifestuje się w zmianach w gospodarce mikro- i makroelementów oraz metali toksycznych. Tak samo zmieniony genom, na skutek obecności w środowisku substancji mutagennych, pełnił dużą rolę w rozwoju AMD. Sam proces chorobotwórczy można obserwować, analizując efektywność antyoksydacyjnych mechanizmów enzymatycznych i nieenzymatycznych. Jednocześnie wskazano na niską wartość diagnostyczną MDA i CP dla chorych z AMD.

Uzyskane wyniki uwidocznily znaczącą rolę czynników środowiskowych i zdrowego stylu życia oraz wskazały nowe kierunki badań nad poznaniem etiologii AMD. Równocześnie wskazały nowe parametry, które należy uwzględnić, badając predyspozycje do rozwoju tej choroby (stężenie Na, P, Cr, Mn, Ba, MDA, bilirubiny, witaminy A i E, aktywność SOD, CAT i GPx, mutacje w genie *Il-4*). Pomimo wielu poznanych dotychczas aspektów rozwoju AMD, wciąż pozostaje jednak w tej dziedzinie wiele pytań bez odpowiedzi, które będą wymagały dalszych analiz, zwłaszcza wpływ spożycia alkoholu, stężenie pierwiastków: K, Pb, As, Hg, Cd, Sr, Al, Ba, V, Fe, mutacje w genach *VEGF-A*, *GSTM1* i *GSTT1*.

Przeprowadzone badania potwierdziły istotny wpływ zarówno czynników środowiskowych, jak i genetycznych na rozwój zwyrodnienia plamki żółtej. Analizy wskazują, że degradacja środowiska prowadząca do zmian w gospodarce mikro- i makroelementów oraz toksycznych metali odgrywa kluczową rolę w patogenezie

AMD. Dodatkowo obecność substancji mutagennych w środowisku może wpływać na zmiany genetyczne predysponujące do tego schorzenia.

Uzyskane wyniki wykazały, że mechanizmy antyoksydacyjne – enzymatyczne i nieenzymatyczne – są ściśle związane z przebiegiem AMD. Istotne różnice w aktywności enzymów antyoksydacyjnych, takich jak SOD, CAT i GPx, oraz związków takich jak bilirubina, witaminy A i E, wskazują na ich potencjalne znaczenie diagnostyczne. Jednocześnie stwierdzono niską wartość wskaźników MDA i CP dla pacjentów z AMD.

Nowością są wyniki wskazujące na znaczenie takich parametrów jak stężenie Na, P, Cr, Mn, Ba oraz obecność mutacji w genie *Il-4*, które mogą być pomocne w ocenie predyspozycji do AMD. Dalsze badania powinny skupić się na czynnikach takich jak spożycie alkoholu oraz stężenie pierwiastków takich jak K, Pb, As, Hg, Cd, Sr, Al, Ba, V i Fe, a także mutacjach w genach *VEGF-A*, *GSTM1* i *GSTT1*. Pomimo postępów w badaniach nad AMD, konieczne są dalsze analizy, aby lepiej zrozumieć i zapobiegać tej chorobie.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Katarzyna Rektor², Halina Tkaczenko³, Tomasz Stuczynski^{4,5},
Natalia Kurhaluk³**

CZYNNIKI ŚRODOWISKOWE I ZMIANY GENETYCZNE W ZAĆMIE

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl;*

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl, K.Rektor@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland, e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl;*

⁴*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁵*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: *zaćma, stres oksydacyjny, mechanizmy antyoksydacyjne, makroelementy, mikroelementy, metale toksyczne, polimorfizm genetyczny, XRCC1, CRYAB, GST*

Zaćmę uznaje się za jedną z poważniejszych chorób prowadzących do całkowitej utraty wzroku. Zmętnienie soczewki oka jest problemem wieloaspektowym. Nie udało się jednoznacznie określić etiologii tej choroby. Za pogorszenie kondycji wzroku odpowiada zanieczyszczenie środowiska, które bezpośrednio wpływa na powstawanie nadmiaru reaktywnych form tlenu RFT, nasilenie stresu oksydacyjnego i destabilizację równowagi antyoksydacyjnej organizmu.

Jednym z poważniejszych powodów patofizjologii zaćmy jest zanieczyszczenie środowiska prowadzące do powstawania nadmiaru reaktywnych form tlenu i stresu

oksydacyjnego. Blokowanie mechanizmów antyoksydacyjnych i akumulacja niektórych pierwiastków chemicznych działa toksycznie na komórki. Udowodniono, że przyspieszają one rozwój zaćmy. Wskazuje się również na istotne znaczenie zmian polimorficznych w niektórych genach, w tym m.in. w *GST*, *CRYAB* oraz *XRCC1*. Zarazem wykazano, że istnieją typy zaćmy, które są dziedziczne.

W ramach tej pracy określono wpływ wybranych czynników zewnętrznych i wewnętrznych środowiska (WHO 2019) na ryzyko zachorowania na zaćmę. Badania prowadzono u 150. osób (chorzy: $n = 90$, zdrowi: $n = 60$). Wykazano, że wskaźnik masy ciała BMI był nieco wyższy u chorych ($27.8 \pm 5.1 \text{ kg}^*(\text{m}^2)^{-1}$), niż u zdrowych ($25.2 \pm 4.1 \text{ kg}^*(\text{m}^2)^{-1}$) ($p = 0.002$). U chorych ilość czynników obciążających (4.2 ± 2.3) była większa, niż u zdrowych (0.4 ± 0.7). Wyniki sugerują, że choroby współistniejące mają istotny związek z zachorowaniem na zaćmę i mogą przyspieszać jej rozwój. Chorzy na zaćmę i zdrowi różnią się intensywnością rozwoju mechanizmów antyoksydacyjnych w odpowiedzi na zmiany chorobowe katalaza CAT ($p < 0.001$), dysmutaza ponadtlenkowa SOD ($p = 0.002$), reduktaza glutationowa GR ($p < 0.001$), glutation GSH ($p < 0.001$), poziom lipoperoksydacji MDA ($p < 0.001$), ceruloplazmina CP ($p < 0.001$). Pierwiastki chemiczne (Ca, Na, K, P, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu, Se, Mo, Cr, Co, Ag, Ba, Tl, Sr, Al., Ni, Sn, Sb, Hg, Cd, Pb, As) wykazują istotne reakcje względem patofizjologii soczewki. W zależności od charakteru stabilizują równowagę antyoksydacyjną (m.in Sn, Mn) hamują (Zn, Na) lub przyspieszają (As, Hg, Cd, Fe, Cu) powstawanie stresu oksydacyjnego i mogą podtrzymywać lub destabilizować mechanizmy obronne. Stężenie makroelementów (C, O, N, H, S, P, Na, K, Ca, Mg, Fe) we krwi chorych i zdrowych różniło się w przypadku Ca ($p < 0.001$), Mg ($p = 0.023$), Na ($p = 0.001$), K ($p < 0.001$) i P ($p < 0.001$). Wyższe stężenie Na wykazano u chorych, a w przypadku Ca, Mg, K i P – u zdrowych. Wśród mikroelementów istotne różnice wykazano w przypadku Mn ($p < 0.001$), Fe ($p < 0.001$), Zn ($p < 0.001$), Cu ($p < 0.001$), Se ($p < 0.001$), Mo ($p < 0.001$), Cr ($p < 0.001$), V ($p = 0.001$), Co ($p < 0.001$), Ag ($p < 0.001$), Ba ($p < 0.001$), Tl ($p < 0.001$), Sr ($p < 0.001$), Al ($p < 0.001$), Ni ($p < 0.001$), Sn ($p < 0.001$) i Sb ($p = 0.009$). Spośród metali toksycznych istotnie różniły się koncentracje Hg ($p < 0.001$), Cd ($p < 0.001$), Pb ($p < 0.001$) i As ($p < 0.001$) w obydwu grupach.

Korelacje pomiędzy mechanizmami antyoksydacyjnymi, a pierwiastkami chemicznymi wskazują na wspomaganie przez Ag, Se, Sb mechanizmów SOD, MDA, GR, GSH (Ag-SOD: $R = 0.371$, Se-MDA: $R = 0.325$, Sb-MDA: $R = 0.391$) u chorych i Sn-GR ($R = 0.320$) u zdrowych. Miedź i ołów działają negatywnie na aktywność CAT (zdrowi: Cu-CAT ($R = -0.446$), Pb-CAT ($R = -0.319$)).

Polimorfizmy *GST* wskazują na ich powiązanie z zachorowaniem na zaćmę ($p < 0.001$) dla *GSTT*. Istotne są zmiany w obrębie genu transferazy S-glutationowej *GST*, ponieważ białko *GST* jest jednym z utleniaczy i stanowi swoistą obronę przed nadmiarem RFT. Istotnych różnic nie wykazano w przypadku analizowanych genów *CRYAB* ($p = 0.5465$) i *XRCC1* ($p = 0.6943$). Geny *CRYAB* i *XRCC1* pomimo, że w organizmie pełnią bardzo ważną rolę, to w ramach tej pracy wykazano, iż nie mają znaczenia w przypadku zachorowania na zaćmę w grupie badanych osób.

Zmiany polimorficzne mogą mieć bezpośredni wpływ na kondycję wzroku. Uzyskane wyniki mogą przyczynić się do lepszego poznania etiologii zaćmy. Identyfikacja pozytywnego wpływu pierwiastków chemicznych i mechanizmów antyoksydacyjnych może pomóc w konstrukcji leków hamujących rozwój zaćmy. Etiologia zaćmy dotychczas nie jest całkowicie poznana; coraz więcej badań potwierdza, że ważnymi jej przyczynami są mechanizmy oksydacyjne i zmiany polimorficzne. Zwraca się uwagę na związek pomiędzy patofizjologią soczewki a oksydantami. Dokładne określenie korelacji może okazać się kluczowe przy uzupełnieniu brakujących informacji dotyczących etiologii zaćmy. Wyniki badań molekularnych mogą pozwolić na tworzenie testów umożliwiających szybszą diagnostykę i leczenie. Przeprowadzone badania umożliwią poznanie powiązań pomiędzy zachorowalnością na zaćmę a uwarunkowaniami środowiskowymi, wewnętrznymi i immunogenetycznymi. Aspekty poruszane w niniejszej pracy, porównane i zestawione w całościowym ujęciu, są pierwszym tego typu opracowaniem zagadnienia.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Anna Dobrzańska², Natalia Kurhaluk³, Tomasz Stuczyński^{4,5},
Halina Tkaczenko³**

CZYNNIKI ZEWNĘTRZNE I WEWNĘTRZNE ŚRODOWISKA U LUDZI Z RETINOPATIĄ CUKRZYCOWĄ

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl;*

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl, A.Dobrzanska@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland, e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl;*

⁴*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁵*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: *retinopatia cukrzycowa, polimorfizmy genetyczne, AGER, GST, pierwiastki chemiczne, enzymy antyoksydacyjne, obrona nieenzymatyczna*

Retinopatia cukrzycowa jest najczęstszym powikłaniem cukrzycy. Od dawna jest uznawana za chorobę mikronaczyniową, a jej rozpoznanie opiera się właśnie na wykryciu zmian mikronaczyniowych. Leczenie retinopatii mimo zwiększającej się ilości metod oraz terapii wspierających pozostaje wyzwaniem. Z tego powodu istnieje pilna potrzeba opracowania nowych metod leczenia. Oprócz zmian mikronaczyniowych zapalenie i neurodegeneracja siatkówki mogą przyczynić się do uszkodzenia siatkówki u cukrzyków już we wczesnych stadiach retinopatii. Dalsze

badanie podstawowych mechanizmów molekularnych, czynników środowiskowych oraz mechanizmów antyoksydacyjnych mogą dostarczyć celów dla rozwoju nowych wczesnych terapii lub środków zapobiegawczych.

Retinopatia cukrzycowa jest coraz częstszą chorobą cywilizacyjną, i jednocześnie przyczyną utraty wzroku wśród osób dorosłych. Istotna jest szybka diagnoza i leczenie. Etiologia choroby nie jest dobrze poznana, dlatego potrzebne jest rozszerzanie wiedzy w tym zakresie. Materiał do badań pobrano od 84. pacjentów Kliniki „Oculistic” w Zielonej Górze i 64. zdrowych ochotników z Zielonej Góry i okolic. Od uczestników badania zebrano ankiety nt. czynników środowiska (wiek, płeć, dieta, nałogi, przyjmowane leki, miejsce zamieszkania, narażenie zawodowe, choroby współistniejące, choroby w rodzinie). W ramach niniejszej pracy określono stężenie: Li, Be, B, Na, Mg, Al, P, K, Ca, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Y, Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hg, Tl, Pb, oraz aktywność enzymatyczną i nieenzymatyczną w osoczu. Zbadano polimorfizmy genów *AGER* (-374T/A, -429T/C, *Gly82Ser*) oraz *GST* (*GSTT1*, *GSTM1*) wśród badanych.

Wykazano, że czynnikami mogącymi mieć wpływ na zachorowanie na retinopatię są wiek i choroby współistniejące (miażdżyca, nadciśnienie). Osoby z retinopatią cukrzycową miały wyższe stężenia K, Ca, Fe, Cu, Zn, B, Al, V, Cr, Mn, Ni, Se, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, Tl, Be, As, Hg, Pb, Sc, In, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu w osoczu i niższe stężenia Mg, P, Li, Cd, Y, La i Ce, w stosunku do osób z kontroli. Zarówno zbyt wysokie, jak i zbyt niskie stężenia pierwiastków chemicznych, mogą prowadzić do zaburzeń metabolicznych i innych niekorzystnych efektów zdrowotnych. Niedobór Mg może promować indukcję stresu oksydacyjnego i odpowiedzi prozapalnych, co ma istotny wpływ w przypadku retinopatii cukrzycowej. Magnez wykazał również najwięcej korelacji z innymi pierwiastkami u osób z retinopatią cukrzycową. Może to świadczyć o jego zaangażowaniu w metabolizm i wpływ na gospodarkę innych pierwiastków.

Chorzy posiadali wyższe stężenia peroksydazy glutationowej GPx, reduktazy glutationowej GR, malonodialdehydu MDA, bilirubiny, retinolu i niższy poziom katalazy CAT i dysmutazy ponadtlenkowej SOD oraz niższe stężenia glutationu, ceruloplazminy i kwasu moczowego w osoczu krwi. Zaburzenie równowagi pro-antyoksydacyjnej wpływa na zwiększenie stresu oksydacyjnego i indukcję niekorzystnych efektów zdrowotnych. Wyniki badań przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy mogą wskazywać na wyczerpanie części mechanizmów obrony antyoksydacyjnej i kompensację nieaktywnych mechanizmów. Zwiększone stężenie MDA świadczy o zwiększonej lipoperoksydacji, zatem również o indukcji stresu oksydacyjnego, co również wskazuje na zachwianie homeostazy organizmu, związanej z obroną antyoksydacyjną.

W ramach tej pracy wykazano istotny efekt dla polimorfizmu *GST* (u osób z retinopatią cukrzycową częściej występował genotyp *GSTM*-/*GSTT*, niż w kontroli). Wykazano również efekty ($p < 0.05$ – $p < 0.09$) dla polimorfizmu *Gly82Ser* (u osób z

retinopatią cukrzycową częściej występował genotyp *Gly82Ser - Gly/Gly*, a w grupie kontrolnej częściej występował genotyp *Gly82Ser - Gly/Ser*). Nie wykazano istotnych różnic w występowaniu genotypów *-374T/A* i *-429T/C*. Dane literaturowe na temat udziału badanych polimorfizmów w zachorowaniu na retinopatię nie są spójne, ponadto wyniki badań przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy są częściowo sprzeczne z literaturą.

Wyższe stężenie metali ciężkich, pierwiastków toksycznych oraz pierwiastków ziem rzadkich w grupie osób z retinopatią cukrzycową (B, Al, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Se, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, Tl, Be, As, Hg, Pb, Sc, In, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) może wskazywać na ich udział w patogenezie tej choroby. Ponadto u osób z retinopatią wykazano liczne korelacje z innymi pierwiastkami (Lu, Tb, Ce, Y, Nd, La, Mo, Ag). Może to sugerować że badane pierwiastki chemiczne mają wpływ na zachorowanie na retinopatię i zachwianie równowagi redoks. Uzyskane wyniki mogą sugerować, że zmiany stężenia pierwiastków chemicznych mogą mieć wpływ na wzrost stresu oksydacyjnego i uruchomienie mechanizmów kompensacyjnych, w postaci zwiększonej aktywności czynników enzymatycznych i nieenzymatycznych obrony antyoksydacyjnej. Przeprowadzone w ramach niniejszej pracy badania sugerują wpływ płci na akumulację wanadu u osób z retinopatią cukrzycową. Nie znaleziono wpływu pozostałych czynników ankietowych na stężenie badanych pierwiastków chemicznych. Spośród badanych polimorfizmów *Gly82Ser*, *-429T/C*, *-374T/A*, *GSTT1* i *GSTM1* genotypy *GST - GSTM-/GSTT-* i *Gly82Ser - Gly/Gly* wydają się być powiązane z częstością zachorowania na retinopatię cukrzycową i siłą jej dalszej progresji. Ponadto analizy przeprowadzone w ramach niniejszej pracy wykazały interakcje pomiędzy stężeniami pierwiastków a występowaniem genotypu i sugerują wpływ na zachorowanie na retinopatię cukrzycową. Pośród interakcji najsilniejsze pozytywne u osób z retinopatią dla genotypu *Gly82Ser - Gly/Gly* wykazały: Cr i Ni ($\rho = 0.80$), Tb i Lu ($\rho = 0.79$), La i Ce ($\rho = 0.76$) Sb i Li ($\rho = 0.75$), B i Sb ($\rho = 0.75$), zaś negatywne - K i Sb ($\rho = -0.64$), K i B ($\rho = -0.61$), K i Sn ($\rho = -0.60$).

Podsumowując, wyższe stężenie metali ciężkich, pierwiastków toksycznych i pierwiastków ziem rzadkich w grupie osób z retinopatią cukrzycową (B, Al, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Se, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, Tl, Be, As, Hg, Pb, Sc, In, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) może wskazywać na ich udział w patogenezie tej choroby. Ponadto u osób z grupy z retinopatią wykazano liczne korelacje z innymi pierwiastkami. Może to sugerować, że pierwiastki chemiczne mają wpływ na zachorowanie na retinopatię cukrzycową i zachwianie równowagi redoks. Uzyskane wyniki mogą sugerować, że zmiany stężenia pierwiastków chemicznych mogą mieć wpływ na wzrost stresu oksydacyjnego i uruchomienie mechanizmów kompensacyjnych, w postaci zwiększonej aktywności czynników enzymatycznych i nieenzymatycznych obrony antyoksydacyjnej. Przeprowadzone badania sugerują wpływ płci na akumulację wanadu u osób z retinopatią cukrzycową. Nie znaleziono wpływu pozostałych czynników ankietowych na stężenie badanych pierwiastków chemicznych. Spośród badanych polimorfizmów *Gly82Ser*, *-429T/C*, *-374T/A*, *GSTT1* i

GSTM1 genotypy *GST -GSTM-/GSTT-* i *Gly82Ser - Gly/Gly* wydają się być powiązane z częstością zachorowania na retinopatię cukrzycową oraz siłę jej dalszej progresji. Ponadto analizy przeprowadzone w ramach tej pracy wykazały interakcje pomiędzy stężeniami pierwiastków a występowaniem genotypu i sugerują wpływ na zachorowanie na retinopatię cukrzycową. Na podstawie przeprowadzonych analiz wariacji nie wykazano związku pomiędzy wewnętrznymi czynnikami środowiskowymi (wiek, dieta, płeć, miejsce zamieszkania, nałogi, leki, narażenie zawodowe, choroby współistniejące, choroby w rodzinie) a występowaniem polimorfizmów w retinopatii cukrzycowej. Wykazano natomiast zmiany stężenia pierwiastków w niektórych genotypach, co może sugerować, że pierwiastki mogą mieć wpływ na występowanie konkretnych genotypów i promować zachorowanie na retinopatię cukrzycową, bądź przed nim chronić.

Na podstawie przeprowadzonych analiz wariacji nie wykazano związku pomiędzy wewnętrznymi czynnikami środowiskowymi (wiek, płeć, dieta, nałogi, przyjmowane leki, miejsce zamieszkania, narażenie zawodowe, choroby współistniejące, choroby w rodzinie), a występowaniem polimorfizmów w retinopatii cukrzycowej. Wykazano natomiast zmiany stężenia pierwiastków w niektórych genotypach, co może sugerować, że pierwiastki te mogą mieć wpływ na występowanie konkretnych genotypów i promować zachorowanie na retinopatię cukrzycową, bądź przed nim chronić.

Badania w ramach niniejszej pracy są kompleksowe i innowacyjne; dotychczas nie przeprowadzono podobnych analiz. Wykonane badania mogą przyczynić się do poszerzenia wiedzy w zakresie retinopatii cukrzycowej i wzajemnych interakcji pierwiastków chemicznych, mechanizmów enzymatycznych i nieenzymatycznych i wariantów genetycznych *AGER* i *GST* oraz mogą być pomocne dla stosowania nowych terapii.

Retinopatia cukrzycowa pozostaje poważnym powikłaniem cukrzycy, które dotyka coraz większą liczbę osób, przyczyniając się do utraty wzroku. Wyniki badań wskazują na istotny udział pierwiastków ciężkich i toksycznych, jak również pierwiastków ziem rzadkich w patogenezie tej choroby. Wyższe stężenie takich pierwiastków, jak B, Al, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Se, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, Tl, Be, As, Hg, Pb oraz pierwiastków ziem rzadkich sugeruje ich wpływ na zwiększenie stresu oksydacyjnego, prowadząc do zaburzeń równowagi pro-antyoksydacyjnej i dalszej degeneracji siatkówki. Niskie stężenia Mg, P, Li oraz wysoka aktywność enzymów, jak peroksydaza glutationowa i reduktaza glutationowa, wskazują na wyczerpanie mechanizmów antyoksydacyjnych oraz konieczność uruchomienia mechanizmów kompensacyjnych w odpowiedzi na stres oksydacyjny. W szczególności niedobór Mg może promować procesy oksydacyjne i prozapalne, co jest istotne w przypadku retinopatii cukrzycowej.

Badanie wykazało również, że pewne genotypy, takie jak *GST - GSTM-/GSTT-* oraz *Gly82Ser - Gly/Gly*, mogą być powiązane z większą podatnością na rozwój retinopatii cukrzycowej oraz progresję tej choroby. Ponadto interakcje pomiędzy

stężeniami pierwiastków a polimorfizmami genów *AGER* i *GST* mogą sugerować, że pewne pierwiastki chemiczne wpływają na występowanie i charakter przebiegu retinopatii cukrzycowej.

Podsumowując, przeprowadzone badania stanowią cenne źródło wiedzy na temat retinopatii cukrzycowej, dostarczając nowych danych o roli pierwiastków chemicznych, stresu oksydacyjnego oraz genotypów w patogenezie tej choroby. Wnioski z tej pracy mogą przyczynić się do opracowania nowych strategii terapeutycznych i prewencyjnych w leczeniu retinopatii cukrzycowej.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Anna Ossowska¹, Natalia Kurhaluk³, Tomasz Stuczynski^{4,5},
Halina Tkaczenko³**

ZMIANY OBRAZU KRWI CZŁOWIEKA W WARUNKACH STRESU ŚRODOWISKOWEGO

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl, ania.ossowska@cm.umk.pl;*

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland, e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl;*

⁴*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁵*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: wskaźniki krwi; stresory środowiskowe; pierwiastki chemiczne; enzymy antyoksydacyjne; stres oksydacyjny; mutacje genowe; transferazy S-glutationowe

Stres środowiskowy to zjawisko, które odnosi się do negatywnego wpływu czynników zewnętrznych, takich jak zanieczyszczenie powietrza, hałas, ekstremalne temperatury oraz zmiany klimatyczne, na organizmy żywe. Współczesne społeczeństwo, narażone na różnorodne stresory, staje przed wyzwaniem, jakim jest adaptacja do zmieniającego się środowiska. W odpowiedzi na te czynniki, organizm ludzki uruchamia szereg mechanizmów obronnych, które mogą prowadzić do istotnych zmian w obrazie krwi.

Zanieczyszczenia środowiskowe są jednym z głównych czynników wpływających na kondycję zdrowotną ludzi zamieszkujących tereny o podwyższonym stopniu degradacji. Ekspozycja na metale ciężkie, pestycydy, dymy spalinowe i substancje wydostające się z fabryk w postaci gazowej i płynnej w miejscu zamieszkania, ale także destabilizacja gospodarki pierwiastkowej, stają się coraz powszechniejsze w wyniku rozwoju przemysłowego.

Transferazy S-glutationowe (GST) stanowią rodzinę enzymów zakwalifikowanych do klas: GSTA, GSTM, GSTT, GSTP, biorących udział w detoksykacji i wydalaniu ksenobiotyków środowiskowych. Brak aktywności enzymów klasy GSTM1, czy GSTT1, jest spowodowany delecjami genów kodujących. Delecje te mogą stanowić genetyczny czynnik ryzyka rozwoju chorób związanych z narażeniem na ksenobiotyki środowiskowe. Osoby pozbawione genów *GSTM1* lub *GSTT1* mają zwiększony czynnik ryzyka wystąpienia nowotworu płuc, krtani, miażdżycy i zawału serca. Markerami cytogenetycznymi, świadczącymi zarówno o wpływie zanieczyszczeń środowiskowych, jak i możliwości pojawienia się danego nowotworu, są aberracje chromosomowe (CA). Połączenie analizy markerów molekularnych, jakimi są geny *GSTM1* i *GSTT1*, wraz z markerami cytogenetycznymi, przyczyni się do stworzenia pełnego obrazu genetycznego ludzi mieszkających na terenach o znacznym stopniu zanieczyszczenia i degradacji.

Ksenobiotyki w środowisku wpływają na procesy życiowe zachodzące w organizmie ludzkim w sposób wielokierunkowy. Związki chemiczne, które są toksyczne, mutagenne, czy kancerogenne, coraz powszechniej występują nie tylko w środowisku pracy, ale także w życiu codziennym. Celem badań było określenie wpływu środowiska zamieszkania na kondycję zdrowotną ludzi żyjących na terenie Inowrocławskiego Regionu Zagrożenia Ekologicznego (IRZE), z jednoczesnym określeniem indywidualnych predyspozycji genetycznych do obrony. Określono polimorfizm genów *GSTM1* i *GSTT1* kodujących izoenzymy należące do II fazy biotransformacji ksenobiotyków oraz zbadano występowanie lub brak aberracji chromosomowych w limfocytach krwi obwodowej pacjentów. Równocześnie oznaczono koncentrację wybranych pierwiastków (Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb) w krwi obwodowej metodą ICP-MS.

Dlatego podjęto badania mające na celu ukazanie wpływu miejsca zamieszkania na poziom ważnych dla organizmu pierwiastków chemicznych oraz określenie występowania lub braku aberracji chromosomowych. Jednocześnie dokonano próby analizy, czy koncentracja badanych pierwiastków i poszukiwane biomarkery cytogenetyczne, jakimi są aberracje chromosomowe, zależą od polimorfizmu genów *GSTM1* i *GSTT1*. W warunkach intensywnej antropopresji ważne jest poznanie interakcji środowisko-człowiek, na poziomie ekotoksykologicznym, cytogenetycznym i molekularnym. Uzyskane informacje mogą być wykorzystane do określania wpływu wczesnych markerów zagrożenia środowiska na stan zdrowia ludzi.

Celem badań była ocena stopnia nasilenia wpływu zanieczyszczeń środowiskowych na obraz cytogenetyczny i molekularny u ludzi zamieszkujących tereny zmienione antropogenicznie.

Dodatkowym zamierzeniem było stwierdzenie lub wykluczenie korelacji i aktywności genów, kodujących aktywność enzymów transferazy S-glutationowej (GST) i wystąpienia aberracji chromosomowych z wiekiem, miejscem pracy, środowiskiem pracy, nałogami, przebytymi lub występującymi chorobami, wywiadem rodzinno-rodowodowym.

Badania objęły grupę 98. pacjentów Szpitala Powiatowego im. dr. L. Błażka w Inowrocławiu, wyselekcjonowanych według ściśle określonych kryteriów. Byli to pacjenci zamieszkujący teren IRZE ponad 10 lat (kryterium WHO). Dodatkowo badania objęły grupę 144. osób niehospitalizowanych z tego terenu, ze względu na możliwość uzyskania pełnego obrazu chromosomowego ludzi zamieszkujących IRZE. Grupę kontrolną stanowiły osoby mieszkające na terenie Borów Tucholskich. Dodatkowo tzw. wewnętrzną grupę kontrolną stanowią osoby zamieszkałe na terenie IRZE, jednak mieszkające w oddaleniu od tzw. trójkąta inowrocławskiego (Inowrocław-Janikowo-Pakość); n=246.

Identyfikacja genów *GSTM1* i *GSTT1* obejmowała 3 etapy: izolację genomowego DNA, reakcję PCR oraz rozdział elektroforetyczny produktu. Otrzymane wyniki rejestrowano w trans iluminatorze UV i zapisywano w postaci zdjęć. Metodyka obejmowała etapy: zakładanie i kończenie hodowli limfocytów, wykonanie preparatów mikroskopowych, analiza otrzymanych preparatów pod mikroskopem fazowym, wyselekcjonowanie preparatów do wykonania barwienia GTG, powtórna analiza wybarwionych preparatów metodą prążków GTG pod mikroskopem świetlnym o powiększeniu *1250, zapisywanie otrzymanych, wybarwionych płytek metafazowych, układanie kariotypu w programie komputerowym MultiScan Karyotype, końcowa ocena kariotypu i wykrycie ewentualnych aberracji chromosomowych; w przypadku otrzymania płytek metafazowych nie kwalifikujących się do barwienia GTG, barwienie preparatów odczynnikami Giemsy, wyłączne policzenie liczby chromosomów.

Określono koncentrację pierwiastków chemicznych we krwi i próbach z ujęć wodnych (ICP-MS). Przeprowadzono badania ankietowe i wykonano analizę badań ogólnych krwi.

W badanej populacji osób powiatu inowrocławskiego i tucholskiego stwierdzono występowanie polimorfizmu genu *GSTM1* na poziomie 79.9% i genu *GSTT1* na poziomie 34.2%. Istotne jest, że osoby zamieszkujące powiat inowrocławski statystycznie częściej były nosicielami genotypu *GSTT1**0.

Stwierdzono, że delecja w genie *GSTT1* w populacji inowrocławskiej występuje statystycznie częściej w porównaniu do populacji kaukaskiej. Może to być wynikiem zachodzenia procesu mikroewolucji.

Test strukturalnych aberracji chromosomowych nie wykazał obecności żadnych zmian. Wyniki te jednak nie wykluczają występowania aberracji chromosomowych.

W badanej populacji osób powiatu inowrocławskiego stwierdzono wyższy poziom sodu we krwi w porównaniu do osób z grupy kontrolnej ($p < 0.05$). Wyższa koncentracja sodu we krwi mieszkańców powiatu inowrocławskiego może być związana z miejscem zamieszkania.

W badanej populacji osób powiatu inowrocławskiego stwierdzono niższy poziom manganu, miedzi i cynku we krwi w porównaniu do osób z grupy kontrolnej ($p < 0.05$). Niższe stężenie tych pierwiastków może być wynikiem zaburzenia

równowagi prooksydacyjno–antyoksydacyjnej. Stres oksydacyjny może być związany z zanieczyszczeniem środowiska, w którym mieszkały badane osoby.

Stwierdzono modyfikujący wpływ genu *GSTT1*. U osób z delecją w genie *GSTT1* w porównaniu do osób z dziką formą genu *GSTT1* obserwowano podwyższony poziom sodu i wapnia. Różnice wykazano w całej badanej populacji oraz u osób z grupy pierwszej ($p < 0.05$).

Stwierdzono modyfikujący wpływ genu *GSTT1*. U osób z delecją w genie *GSTT1* w porównaniu do osób z dziką formą genu *GSTT1* obserwowano podwyższony poziom miedzi. Różnice zaobserwowano u osób z grupy pierwszej i trzeciej ($p < 0.05$).

Stwierdzono modyfikujący wpływ genów *GSTM1/GSTT1*. U osób z delecją w genach *GSTM1/GSTT1* w porównaniu do osób z dziką formą genów *GSTM1/GSTT1* wykazano podwyższony poziom sodu i wapnia. Różnice zaobserwowano w całej badanej populacji oraz u osób z grupy pierwszej ($p < 0,05$).

Wyniki uzyskane w ramach przeprowadzonych badań pozwalają na wyciągnięcie wniosków dotyczących potencjalnych związków pomiędzy stanem środowiska, a poziomem stężeń pierwiastków chemicznych we krwi ludzi z terenów zdegradowanych. Genetyczny polimorfizm enzymów transferazy S-glutationowej może wpływać na osobnicze zróżnicowanie w koncentracji sodu, wapnia i miedzi. Zatem środowiskowe uwarunkowania obrazu krwi u ludzi pozostają w bezpośrednim związku z genetycznym polimorfizmem analizowanych enzymów uczestniczących w procesach biotransformacji. Wzrost osobniczego ryzyka utraty zdrowia jest więc zależny od środowiska zamieszkania i od polimorfizmu genów zaangażowanych w te procesy.

Osoby zamieszkujące zdegradowane tereny i wykazujące polimorfizm genów *GST* są bardziej podatne na stres oksydacyjny i zaburzenia równowagi prooksydacyjno-antyoksydacyjnej. Może to przyczyniać się do podwyższenia ryzyka zdrowotnego, zwłaszcza chorób związanych z obecnością ksenobiotyków, takich jak nowotwory czy schorzenia sercowo-naczyniowe. Otrzymane wyniki potwierdzają znaczenie czynników środowiskowych oraz genetycznych w ocenie wpływu zanieczyszczeń na zdrowie ludzi. Badania populacji IRZE dostarczają dowodów na przystosowanie do warunków środowiskowych i potwierdzają potrzebę dalszych analiz związanych z oddziaływaniem środowiska na genetyczne i cytogenetyczne markery zdrowotne.

Podsumowując wyniki naszych badań, można wyciągnąć wnioski dotyczące potencjalnych związków pomiędzy stanem środowiska a poziomem stężeń pierwiastków chemicznych we krwi ludzi z terenów zdegradowanych. Również środowiskowe uwarunkowania obrazu krwi u ludzi pozostają w bezpośrednim związku z genetycznym polimorfizmem analizowanych enzymów uczestniczących w procesach biotransformacji. Wyniki te wskazują na konieczność monitorowania populacji zamieszkujących tereny zdegradowane, co może pomóc w profilaktyce zdrowotnej oraz w minimalizowaniu negatywnych skutków zanieczyszczeń.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Urszula Marzec-Wróblewska¹, Ewelina Kijewska¹,
Jędrzej Baszyński¹, Natalia Kurhaluk³, Tomasz Stuczynski^{4,5}, Halina Tkaczenko³**
KONDYCJA NASIENIA LUDZKIEGO NA TERENACH ZDEGRADOWANYCH

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl, u.marzec@cm.umk.pl, ewelina.kijewska@cm.umk.pl, jedrzej.baszynski@cm.umk.pl;*

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland, e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl;*

⁴*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁵*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: kondycja nasienia; parametry nasienia; niepłodność męska; pierwiastki chemiczne; enzymy antyoksydacyjne; stres oksydacyjny; czynniki środowiskowe wewnętrzne

Kondycja nasienia ludzkiego jest kluczowym wskaźnikiem zdrowia reprodukcyjnego mężczyzn i ma istotne znaczenie dla rozrodu oraz ogólnego dobrostanu. W ostatnich latach zaobserwowano niepokojący trend spadku jakości nasienia na całym świecie, co może być powiązane z różnymi czynnikami, w tym środowiskowymi. Zdegradowane tereny, w których występuje zanieczyszczenie gleby, wody i powietrza, mogą mieć szczególnie negatywny wpływ na jakość nasienia, co budzi istotne obawy zdrowotne.

W Polsce żyje około 18-20% par (1 mln par), u których pomimo regularnego współżycia bez stosowania środków antykoncepcyjnych przez okres jednego roku, nie dochodzi do poczęcia (kryteria definicji niepłodności WHO). Obecnie znacznie więcej wiadomo o „czynniku męskim” niepłodności, który stanowi według różnych autorów o niepłodności pary w 30-60% i zazwyczaj nie jest rozpoznawany przez długi czas. W ocenie czynnika męskiego podstawowym narzędziem, zgodnie z zaleceniami WHO jest standardowe badanie nasienia. Określa ono objętość ejakulatu, liczbę plemników, odsetek plemników o szybkim i wolnym ruchu postępowym, jak również ocenia morfologię. Płodność mężczyzny zależy od ciągłej produkcji plemników, prawidłowego przebiegu procesu ich dojrzwania oraz nabycia przez plemniki ruchliwości. Nieprawidłowości na którymkolwiek etapie, mogą wpływać na jakość nasienia, a co za tym idzie, prowadzić do niepłodności.

Czynnikami ryzyka dla spermatogenezy jest między innymi ekspozycja na metale ciężkie, pestycydy, organiczne środki chemiczne, związki o działaniu estrogenym, wolne rodniki tlenowe (ang. *reactive oxygen species* ROS), promienie jonizujące, wysoka temperatura, niektóre leki, palenie tytoniu, alkohol czy narkotyki.

Na terenie województwa kujawsko-pomorskiego i Polski stwierdza się zróżnicowany stopień degradacji środowisk, który nie jest obojętny dla kondycji i jakości nasienia, przy czym wpływ pierwiastków chemicznych na tę kondycję nie został poznany. W zależności od poziomu pierwiastków w organizmie, mogą one wywołać zaburzenia biochemicznej homeostazy, a nabłonek rozrodczy jest jedną z tkanek najbardziej wrażliwych na zmiany tej równowagi.

Ponieważ płodność męczyzny jest zależna od ciągłej produkcji plemników, prawidłowego przebiegu procesu ich dojrzewania oraz nabycia przez plemniki ruchliwości, nieprawidłowości na którymkolwiek etapie mogą prowadzić do niepłodności. Czynnikiem ryzyka dla spermatogenezy jest ekspozycja na metale ciężkie, wolne rodniki tlenowe, niektóre leki, palenie tytoniu, alkohol. Zróżnicowany stopień degradacji środowisk nie jest obojętny dla kondycji i jakości nasienia, przy czym wpływ pierwiastków chemicznych na tę kondycję nie został poznany.

Celem badań była ocena wpływu stopnia degradacji środowisk i destabilizacji gospodarki pierwiastkowej na stan równowagi prooksydacyjno-antyoksydacyjnej nasienia u ludzki zamieszkujących zróżnicowane środowiska. Badania te miały też na celu określenie, w jakim stopniu zmiany zachodzące w nasieniu są przyczyną destabilizacji jego parametrów jakościowych. Poszerzają one wiedzę o czynnikach wpływających na niepłodność, zwłaszcza niepłodność o nieznanym pochodzeniu.

Zbadano wpływ Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Se, Al, Mo, Pb, Cd, Be, V, Ni i Cr na parametry jakościowe nasienia (objętość i pH nasienia, ruchliwość, koncentrację i morfologię plemników) i aktywność enzymów antyoksydacyjnych (dysmutaza ponadtlenkowa SOD, katalaza CAT, reduktaza GR i peroksydaza glutationowa GPx). Przeanalizowano zależności aktywności tych enzymów z koncentracją pierwiastków chemicznych i badanymi parametrami jakościowymi nasienia. Jednocześnie próbowano uzyskać odpowiedź na pytanie, czy uwarunkowania nikotynowe i alkoholowe, występowanie zawodowego narażenia na czynniki szkodliwe (metale ciężkie, pestycydy, organiczne środki chemiczne, promienie jonizujące, wysoka temperatura) i typ miejscowości zamieszkania (wieś, miasto) mają wpływ na koncentrację pierwiastków i aktywność enzymów antyoksydacyjnych w nasieniu.

Materiał badawczy stanowiło nasienie od 168. męczyzn, którzy zgłosili się do punktów diagnostyki medycznej i gabinetów lekarskich w celu badań seminologicznych. Grupę kontrolną (n = 98) stanowiły osoby, u których stwierdzono prawidłowe parametry jakościowe nasienia (zgodnie z normami WHO 1996). Wykonano ocenę makro- i mikroskopową nasienia, określono koncentrację pierwiastków chemicznych w nasieniu, określono aktywność enzymatyczną SOD, CAT, GR i GPx w plazmie nasiennej, przeprowadzono badania ankietowe i analizę statystyczną.

Badania obejmowały męczyzn, którzy zgłosili się do punktów diagnostyki medycznej i gabinetów lekarskich celem badań seminologicznych. Mężczyźni ci zamieszkiwali różne tereny województwa kujawsko-pomorskiego oraz kraju. Ze

względu na częściowo epidemiologiczny charakter badań brak ściśle wyodrębnionej grupy kontrolnej, stanowią ją osoby, u których stwierdzono prawidłowe parametry jakościowe nasienia zgodnie z wskazaniami WHO. Podstawą badań było nasienie ludzkie (plemniki i plazma nasienna).

Dokonano oceny makroskopowej nasienia: określenie czasu upłynięcia, wyglądu, objętości i pH. Ocena mikroskopowa nasienia polegała na określeniu ruchliwości i jakości ruchu plemników w nasieniu (odsetek plemników ruchomych oraz jakość i typ ruchu), obecności komórek okrągłych w nasieniu (bez wybarwienia) i koncentracji plemników w nasieniu. Oceny te posłużyły między innymi do kwalifikacji osoby biorącej udział w badaniach do grupy chorych lub kontrolnej.

Określono koncentrację pierwiastków chemicznych w nasieniu (ICP-MS).

Określono aktywności enzymatyczne dysmutazy nadtlenkowej, katalazy, reduktazy i peroksydazy glutationowej. Przeprowadzono badania ankietowe.

Wykazano związek koncentracji Se w nasieniu oraz aktywności SOD i GR w plazmie nasiennej z ogólną kondycją plemników (występowanie lub brak nieprawidłowych parametrów jakościowych nasienia). Palenie tytoniu i spożywanie alkoholu wpływa na koncentrację określonych pierwiastków (Na, K, Mg, Zn, Ca, Fe, Al, Se, Be, Pb) w nasieniu. Spożywanie alkoholu zmniejsza w nasieniu odsetek plemników o budowie nieprawidłowej. Jednocześnie u spożywających alkohol stwierdzono w plazmie nasiennej większą aktywność GR, niż u abstynentów. Występowanie zawodowego narażenia na wybrane czynniki szkodliwe wpływa na gospodarkę pierwiastkową (Cd, Ni, Mo) i ruchliwość plemników. W nasieniu mężczyzn mieszkających na wsi wykazano większą koncentrację Fe, w porównaniu z mieszkańcami miast.

Stwierdzono powiązania (Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Co, Se, Al, Pb, Mn, Ni, Be, Cd, V i Cr) i SOD, CAT, GPx i GR z parametrami nasienia i typem związanego z nimi zaburzenia płodności męskiej. Wykazano liczne korelacje pomiędzy badanymi pierwiastkami chemicznymi w nasieniu, enzymami antyoksydacyjnymi w plazmie nasiennej, jak również interakcje pomiędzy pierwiastkami a enzymami. Można wnioskować o współdziałaniu i wzajemnej regulacji analizowanych czynników.

Badania nad kondycją nasienia ludzkiego i wpływem czynników środowiskowych wskazują na istotne powiązania między degradacją środowiska a jakością nasienia. Wyższa koncentracja pierwiastków takich jak Se i Fe, wraz z aktywnością enzymów antyoksydacyjnych, jak dysmutaza nadtlenkowa czy reduktaza glutationowa, wykazuje związek z poprawioną kondycją plemników, co sugeruje wpływ równowagi prooksydacyjno-antyoksydacyjnej na spermatogenezę. Czynniki ryzyka, takie jak palenie tytoniu, spożywanie alkoholu i ekspozycja zawodowa na metale ciężkie, wyraźnie wpływają na parametry jakościowe nasienia oraz na stężenie pierwiastków w jego składzie. Wyniki badań podkreślają znaczenie uwzględniania koncentracji pierwiastków i aktywności enzymów antyoksydacyjnych w diagnostyce nasienia, co może poprawić jakość oceny stanu zdrowia

reprodukcyjnego mężczyzn i prowadzić do lepszego doboru terapii dla pacjentów z zaburzeniami płodności.

Otrzymane wyniki sugerują konieczność dalszej analizy wpływu spożywania alkoholu na budowę morfologiczną plemników, jak też bliższego zbadania wpływu miejsca zamieszkania mężczyzn na koncentrację pierwiastków chemicznych w nasieniu. Dołączenie do standardowej oceny nasienia pomiarów koncentracji pierwiastków w nasieniu i aktywności enzymów antyoksydacyjnych w plazmie nasiennej wydaje się celowe, a wyniki tych analiz mogą wzbogacić diagnostykę i terapię męskiej płodności, pomóc wyjaśnić podłoże zaistniałych zaburzeń parametrów nasienia oraz obrać odpowiedni sposób dalszego postępowania z pacjentem.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Ewelina Kijewska¹, Urszula Marzec-Wróblewska¹,
Jędrzej Baszyński¹, Natalia Kurhaluk³, Tomasz Stuczynski^{4,5}, Halina Tkaczenko³**
**ŚRODOWISKOWE I IMMUNOGENETYCZNE DYSFUNKCJE POTENCJAŁU
ROZRODCZEGO MĘŻCZYZN**

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl, ewelina.kijewska@cm.umk.pl, u.marzec@cm.umk.pl, jedrzej.baszynski@cm.umk.pl;*

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland, e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl;*

⁴*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁵*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: niepłodność męska; pierwiastki chemiczne; enzymy antyoksydacyjne; stres oksydacyjny; ferrytyna; dialdehyd malonowy; mutacje genetyczne; CFTR; AZFc; środowisko

Obecnie niepłodność jest problemem globalnym i ma ogromne znaczenie demograficzne. Ciągły spadek ilości urodzeń wpływa na starzenie się społeczeństwa. W tym kontekście obniżenie potencjału rozrodczego ludności stanowi poważny problem społeczny i ekonomiczny. Niepłodność dotyka coraz większą ilość mężczyzn w wieku rozrodczym. Standardowe badania nasienia często są niewystarczające do określenia pierwotnej przyczyny tych zaburzeń, co uniemożliwia zastosowanie ukierunkowanego leczenia. Poszukuje się więc nowych metod diagnostycznych oraz odpowiedzi na pytanie, jakie czynniki są kluczowe w kształtowaniu potencjału rozrodczego mężczyzn.

Niepłodność dotyka coraz większej ilości mężczyzn w wieku rozrodczym. Standardowe badania nasienia często nie są wystarczające do określenia pierwotnej

przyczyny tych zaburzeń, co uniemożliwia zastosowanie ukierunkowanego leczenia. Poszukuje się więc nowych metod diagnostycznych oraz odpowiedzi na pytanie, jakie czynniki są kluczowe w kształtowaniu się potencjału rozrodczego mężczyzn.

Celem naszych badań było określenie wpływu pierwiastków chemicznych (Ca, K, Na, Fe, Zn, Cu, Cr, Se, Cd, Pb) i mutacji genetycznych (CFTR_{dele2,3}, mikrodelecja AZFc, subdelecje gr/gr, b1/b3, b2/b3 - technika PCR) na męski potencjał rozrodczy oraz określenie aktywności enzymów antyoksydacyjnych (SOD, CAT, GPx, GR), białka stresowego (FRT) i stężenia MDA w plazmie nasiennej (Cayman Chemical Co., Ann Arbor, MI, USA).

Przeanalizowano zależności pomiędzy stężeniem pierwiastków chemicznych (Ca, K, Na, Fe, Zn, Cu, Cr, Se, Cd, Pb) w nasieniu, odpowiedzią enzymatycznych mechanizmów antyoksydacyjnych (dysmutaza ponadtlenkowa SOD, katalaza CAT, peroksydaza glutationowa GPx, reduktaza glutationowa GR), koncentracją białka stresowego (ferrytyna FRT) i intensywnością peroksydacji lipidów (dialdehyd malonowy MDA). Zbadano wpływ czynników stresowych środowiska na kondycję nasienia (WHO 2019).

Określono związki pomiędzy stężeniem pierwiastków chemicznych i aktywnością enzymów antyoksydacyjnych, a częstotliwością występowania mutacji DNA w regionie AZF (*Azoospermia Factor*) na chromosomie Y i w genie CFTR (*Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator*) na chromosomie 7. Przedyskutowano, czy występowanie ww. mutacji może być przyczyną obniżenia potencjału rozrodczego mężczyzn.

Badaniom poddano nasienie pobrane od 134. mężczyzn, którzy zgłosili się do klinik leczenia niepłodności i gabinetów lekarskich. Do grupy kontrolnej (n = 141) zaliczono osoby spełniające normy WHO (2019) w zakresie parametrów nasienia. Każdy uczestnik badania wypełnił ankietę dotyczącą stylu życia, obciążeń genetycznych, aktualnych lub przebytych chorób, narażenia zawodowego. Ocenę seminologiczną, przeprowadzono według kryteriów WHO (2019).

Analizę stężeń pierwiastków chemicznych wykonano metodą ICP-MS. Ocenę aktywności SOD, CAT, GPx i GR oraz aktywności FRT i MDA przeprowadzono z zastosowaniem gotowych zestawów (Cayman Chemical Co., Ann Arbor, MI, USA oraz USCN LIFE). Badania molekularne, dotyczące identyfikacji delecji w chromosomie autosomalnym 7. (CFTR_{dele2,3}) i chromosomie płci Y (mikrodelecja AZFc, subdelecje gr/gr, b1/b3, b2/b3), przeprowadzono techniką PCR. Wyniki poddano analizie statystycznej, stosując program STATISTICA v. 10.0.

Wykazano związek stężenia Fe, Cr i Zn z zaburzeniami jakościowymi parametrów nasienia oraz poziomu Zn z zaburzeniami wieloczynnikowymi. Stwierdzono powiązanie badanych pierwiastków z grupą zaburzeń (jakościowe, ilościowe, wieloczynnikowe) parametrów nasienia. Nie stwierdzono zależności pomiędzy aktywnością enzymów antyoksydacyjnych, ilością ferrytyny i MDA a ogólnymi parametrami nasienia (p > 0.05). Wykazano związek stężenia Zn oraz

aktywności GR z występowaniem subdelecji b1/b3 oraz gr/gr w regionie AZFc Y ($p < 0.05$). Nie wykazano wpływu występowania ww. mutacji na zaburzenia płodności.

Miejsce zamieszkania i ekspozycja na metale ciężkie nie miały wpływu na gospodarkę pierwiastkową nasienia. Palenie tytoniu natomiast obniżało stężenie sodu i miedzi w nasieniu ($p < 0.05$), jednak pozostawało bez związku z parametrami nasienia. Wykazano także liczne wzajemne korelacje pomiędzy badanymi pierwiastkami, enzymami antyoksydacyjnymi, ferrytyną i MDA. W grupie kontrolnej wykazano ujemne korelacje ($r = 0.4-0.6$) pomiędzy MDA i K, CAT i Na, FRT i Cr, FRT i Cu oraz FRT i Pb, które były nieobecne w grupie chorych.

Wyniki badań potwierdzają, że zaburzenia gospodarki pierwiastkowej, zwłaszcza w zakresie stężenia cynku, żelaza i miedzi, mają wpływ na jakość nasienia, szczególnie na ruchliwość i morfologię plemników. Obniżenie stężenia Zn w nasieniu jest związane z pogorszeniem parametrów jakościowych, co sugeruje konieczność monitorowania jego poziomu u pacjentów z problemami rozrodczymi. Uwzględnienie stężenia pierwiastków chemicznych w ocenie nasienia może pomóc w diagnozowaniu niepłodności męskiej o niejasnym pochodzeniu. Monitorowanie gospodarki pierwiastkowej, zwłaszcza cynku, żelaza i miedzi, może być użytecznym wskaźnikiem w diagnozie i planowaniu leczenia.

Badania wykazały, że obecność subdelecji gr/gr i b1/b3 w regionie AZFc Y, mimo związku z gospodarką pierwiastkową (np. poziom Zn i aktywność reduktazy glutationowej, GR), nie wpływa bezpośrednio na obniżenie potencjału rozrodczego mężczyzn. Może to sugerować, że mutacje te nie są kluczowym czynnikiem przyczyniającym się do niepłodności.

Aktywność enzymów antyoksydacyjnych (SOD, CAT, GPx, GR), ferrytyna (FRT) oraz poziom dialdehydu malonowego (MDA) nie wykazały istotnych powiązań z ogólnymi parametrami nasienia. Wskazuje to, że te wskaźniki mogą nie być miarodajnym odzwierciedleniem kondycji nasienia i jakości plemników.

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że zaburzenia gospodarki pierwiastkowej oraz aktywności GR mogą zwiększać ryzyko występowania mutacji DNA w genach związanych z płodnością mężczyzn. Natomiast sama obecność subdelecji gr/gr oraz b1/b3 nie wpływa na obniżenie męskiego potencjału rozrodczego. Spadek stężenia Zn w nasieniu wiąże się z występowaniem zaburzeń jakościowych (ruch i morfologia plemników) oraz wieloczynnikowych (uwarunkowanych obecnością więcej niż jednej nieprawidłowości jednocześnie) parametrów nasienia. Wzrost stężenia Fe i Cu wpływa na występowanie zaburzeń ruchu i morfologii plemników. Aktywność enzymów antyoksydacyjnych, ilości FRT i MDA nie są miarodajnym wskaźnikiem kondycji nasienia.

Określenie koncentracji pierwiastków chemicznych w przypadku braku jednoznacznych przyczyn zaburzeń płodności, powinno zostać włączone do standardowej oceny nasienia, jako wsparcie w określeniu kierunku dalszego postępowania z pacjentem. Wyniki naszych badań wskazują na istotną zależność

między czynnikami środowiskowymi a męskim potencjałem rozrodczym i jednocześnie określają brak wpływu badanych mutacji genetycznych na jego obniżenie.

Wnioski z badań podkreślają znaczenie kompleksowej diagnostyki niepłodności męskiej, która uwzględniałaby analizę gospodarki pierwiastkowej oraz ocenę czynników środowiskowych jako kluczowe elementy wsparcia diagnostycznego.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Jędrzej Baszyński¹, Urszula Marzec-Wróblewska²,
Ewelina Kijewska², Natalia Kurhaluk³, Tomasz Stuczynski^{4,5}, Halina Tkaczenko³**
ŚRODOWISKOWE ZABURZENIA PŁODNOŚCI MĘSKIEJ

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl, jedrzej.baszynski@cm.umk.pl, u.marzec@cm.umk.pl, ewelina.kijewska@cm.umk.pl;*

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland, e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl;*

⁴*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁵*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: niepłodność męska; stres oksydacyjny; gospodarka pierwiastkowa; metale ciężkie; antyoksydanty; polimorfizm genetyczny; MTHFR, IL-4

Płodność mężczyzn jest kluczowym czynnikiem wpływającym na zdrowie reprodukcyjne oraz rozwój rodziny. W ostatnich latach zaobserwowano niepokojący trend spadku jakości nasienia oraz wzrostu problemów z płodnością w populacji mężczyzn na całym świecie. Te zmiany mogą być wynikiem wielu czynników, w tym uwarunkowań środowiskowych, które wpływają na zdrowie reprodukcyjne i jakość nasienia.

Zaburzenia płodności męskiej mogą być związane z narażeniem na różnorodne czynniki środowiskowe, takie jak zanieczyszczenia chemiczne, promieniowanie, a także niezdrowy styl życia, obejmujący niewłaściwą dietę, palenie tytoniu i nadużywanie alkoholu. Substancje toksyczne, takie jak metale ciężkie, pestycydy czy substancje endokrynnie czynne, mogą negatywnie wpływać na procesy biologiczne odpowiedzialne za produkcję i jakość nasienia, prowadząc do obniżenia liczby plemników, ich ruchliwości oraz prawidłowej morfologii.

15% par populacji generalnej doświadcza trudności z rozrodem. U połowy z nich czynnik sprawczy leży po stronie męskiej. W Polsce, mimo iż ostatnio obserwuje się wzrost liczby urodzeń, współczynnik przyrostu naturalnego nadal ma wartość ujemną, a zastępowalność pokoleń nie jest gwarantowana. Odzwierciedleniem

malejącej kondycji rozrodczej mężczyzn jest regularne zwiększanie tolerancji w zakresie parametrów jakości nasienia. Niepłodność męska jest problemem wieloczynnikowym, a jej modulatorem jest stan środowiska. Wypadkową wielu negatywnych czynników środowiskowych jest nasilenie stresu oksydacyjnego i destabilizacja obrony antyoksydacyjnej organizmu.

Rozważyliśmy aspekty warunkujące męski potencjał rozrodczy: gospodarkę pierwiastkową, funkcjonowanie mechanizmów antyoksydacyjnych, przyczyny genetyczne. Grupa chorych obejmowała 86. mężczyzn ze stwierdzonymi w badaniu seminologicznym zróżnicowanymi (jakościowymi lub ilościowymi) zaburzeniami nasienia. Grupa kontrolna składała się z 97. mężczyzn z normozoospermia. We krwi uczestników badania określono stężenie Li, Be, B, Na, Mg, Al, P, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, Hg, Tl, Pb (ICP-MS).

W surowicy zbadano aktywność mechanizmów antyoksydacyjnych enzymatycznych (dysmutaza ponadtlenkowa SOD, katalaza CAT, peroksydaza glutationowa GPx, reduktaza glutationowa GR), nieenzymatycznych (glutation GSH, bilirubina, kwas moczowy), białka stresowego (ceruloplazmina CP) i poziom malonodialdehydu MDA (Cayman Chemical Co., Ann Arbor, MI, USA i Wuhaan EIAab Sci.). Wykonano analizę molekularną, ukierunkowaną na poszukiwanie polimorfizmów genów potencjalnie związanych z wystąpieniem zaburzeń płodności męskiej (chromosom 1: gen *MTHFR* warianty *C677T* i *A1298C*, chromosom 5: gen *IL-4* wariant *C589T*) (PCR-RFLP).

Na podstawie danych ankietowych stwierdzono istotne różnice między grupą chorych, a kontrolą, w zakresie rodzaju wykonywanej pracy (chorzy częściej wykonywali pracę fizyczną: $p = 0.002$) i narażenia na czynniki fizykochemiczne w miejscu pracy (chorzy częściej deklarowali średni i wysoki stopień narażenia: 21.13%, zdrowi: 8.43%, $p = 0.013$). Mężczyźni z zaburzeniami płodności częściej deklarowali palenie papierosów (21.62%, zdrowi 10.59%; $p = 0.057$) i spożywanie kawy ($p = 0.076$).

Gospodarka pierwiastkowa różniła się u badanych grup; istotne różnice wykazano w przypadku potasu (niższe stężenie u chorych: $2914 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, zdrowi: $3145 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p = 0.005$) i boru (niższe stężenie u chorych: $1.154 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, zdrowi: $1.427 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p < 0.001$), a dla baru stwierdzono wyższe obciążenie chorych: $0.323 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, zdrowi: $0.287 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $p = 0.063$).

U chorych istotnie wyższą aktywność odnotowano w przypadku GPx ($6.559 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$, kontrola: $4.317 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$, $p = 0.004$), a w grupie kontrolnej – w przypadku GR ($17.74 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$, chorzy: $15.97 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mL}^{-1}$, $p = 0.043$), co sugeruje zróżnicowaną wydajność pierwszej i drugiej linii obrony. Wyniki badania poziomu MDA (niższe stężenie u chorych: $12.00 \text{ } \mu\text{M}$, kontrola: $20.94 \text{ } \mu\text{M}$, $p = 0.031$) poddają w wątpliwość miarodajność tego parametru w odniesieniu do diagnostyki zaburzeń płodności męskiej.

Polimorfizmy genetyczne nie miały bezpośredniego związku z zaburzeniami płodności. W przypadku genu *MTHFR* wariant *C677T* ustalono monomorficzność populacji, a w przypadku *IL-4* wariant *C589T* – nie stwierdzono istotnych różnic

częstości występowania danego genotypu między grupą chorych, a kontrolną ($p = 0.578$); na każdym poziomie analizy statystycznej stwierdzano liczne korelacje (dodatnie i ujemne o zróżnicowanej mocy).

Między analizowanymi pierwiastkami w grupie chorych stwierdzono 68 korelacji (w kontroli 76), między mechanizmami antyoksydacyjnymi i MDA (łącznie 8 korelacji, w kontroli 9), między pierwiastkami, a antyoksydantami i MDA (16 korelacji u chorych, 14 w kontroli). Szczegółowa analiza z uwzględnieniem genotypu *CC* lub *TT* (polimorfizm genu *IL-4* wariant *C589T*) także ujawniła liczne korelacje między poszczególnymi parametrami: między pierwiastkami (w grupie z genotypem *TT* 66 korelacji, *CC* 194 korelacje), między antyoksydantami i MDA (*TT* 9 korelacji, *CC* 16 korelacji) i między antyoksydantami i MDA, a pierwiastkami (*TT* 24 korelacje, *CC* 65 korelacji).

Otrzymane zależności dowodzą, iż gospodarka pierwiastkowa, obrona antyoksydacyjna i uwarunkowania genetyczne są z sobą związane i wspólnie kształtują męską kondycję rozrodczą. Analiza logistyczna ujawniła, iż najsilniejszym czynnikiem predysponującym do wystąpienia zaburzeń płodności męskiej w badanych grupach był kadm (iloraz szans $OR = 5.000$; $p = 0.03$). Gospodarka pierwiastkowa ma wpływ na płodność męską. Za szczególnie istotne modulatory w grupie chorych można uznać żelazo (6 interakcji z innymi pierwiastkami), potas, fosfor i glin (5 interakcji), a w kontroli – potas i bor (8 i 7 korelacji).

Mechanizmy antyoksydacyjne podlegają wzajemnej regulacji, o czym świadczą korelacje, m.in. GSH-kwas moczowy ($r = 0.524$ u chorych, kontrola: $r = 0.511$), SOD-GSH ($r = -0.684$ u chorych, kontrola: $r = -0.797$). Polimorfizmy genów *MTHFR* wariant *C677T* i *IL-4* wariant *C589T* mają słaby wpływ na gospodarkę pierwiastkową i funkcjonowanie obrony antyoksydacyjnej.

Wnioski z przeprowadzonych badań wskazują, że płodność męska jest kształtowana przez współdziałanie czynników środowiskowych, gospodarki pierwiastkowej, obrony antyoksydacyjnej i uwarunkowań genetycznych. Kluczowe znaczenie mają pierwiastki, takie jak kadm, żelazo, potas, fosfor oraz glin, które oddziałują wzajemnie i wpływają na jakość nasienia. Wyniki wykazały, że kadm jest szczególnie silnym czynnikiem predysponującym do zaburzeń płodności, co sugeruje jego toksyczne działanie w kontekście zdrowia reprodukcyjnego.

Pomimo zauważonych licznych korelacji między aktywnością mechanizmów antyoksydacyjnych a stężeniem pierwiastków, polimorfizmy genów *MTHFR* (wariant *C677T*) i *IL-4* (wariant *C589T*) wykazały słaby wpływ na gospodarkę pierwiastkową i działanie antyoksydantów, co ogranicza ich przydatność w diagnostyce. Wyniki sugerują również, że stres oksydacyjny może być jednym z mechanizmów indukujących zmiany genetyczne wpływające na płodność.

Wyniki mogą być pomocne w diagnostyce niepłodności męskiej; umożliwiają zmniejszenie przypadków idiopatycznych (o nieznanym podłożu) i wdrożenie ukierunkowanego i bardziej skutecznego leczenia (ukierunkowane farmakologiczne, hormonalne). Identyfikacja stresorów środowiskowych i ich korelacje z zaburzeniami

płodności mogą pomóc wyeliminować lub zmniejszyć wpływ czynników niekorzystnych dla płodności. Wyniki umożliwiają poznanie znaczenia czynników środowiskowych, zwłaszcza immunogenetycznych, w kształtowaniu możliwości obronnych organizmu przed destrukcją materiału reprodukcyjnego i pozwolą wnioskować o roli stresu oksydacyjnego w indukowaniu polimorfizmów genetycznych, negatywnych dla płodności męskiej.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Monika Wieloch¹, Halina Tkaczenko³, Tomasz Stuczyński^{4,5},
Natalia Kurhaluk³**

UWARUNKOWANIA MOŻLIWOŚCI OBRONY ANTYOKSYDACYJNEJ CZŁOWIEKA

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland,*

e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl, monika.wieloch@cm.umk.pl;

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland,
e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl;*

⁴*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁵*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: stres środowiskowy; mechanizmy antyoksydacyjne; gospodarka pierwiastkowa; enzymy antyoksydacyjne; białka stresowe; antyoksydanty niskocząsteczkowe

Obrona antyoksydacyjna organizmu człowieka odgrywa kluczową rolę w utrzymaniu zdrowia i zapobieganiu wielu chorobom. Nasz organizm jest nieustannie narażony na działanie czynników stresowych, takich jak zanieczyszczenia środowiskowe, promieniowanie, niewłaściwa dieta oraz choroby, które mogą prowadzić do nadprodukcji reaktywnych form tlenu (RFT). RFT, będące naturalnymi produktami metabolizmu, mogą uszkadzać komórki, lipidy, białka i kwasy nukleinowe, co w konsekwencji prowadzi do rozwoju wielu schorzeń, w tym chorób sercowo-naczyniowych, nowotworów oraz chorób neurodegeneracyjnych.

Organizm ludzki dysponuje wbudowanymi mechanizmami obronnymi, które chronią przed skutkami działania stresu oksydacyjnego. Mechanizmy te obejmują enzymy antyoksydacyjne, takie jak dysmutaza ponadtlenkowa (SOD), katalaza oraz peroksydaza glutationowa, a także małe cząsteczki, takie jak witaminy C i E, glutation oraz kwas alfa-liponowy. Uwarunkowania indywidualne, takie jak genotyp, wiek, płeć oraz styl życia, mają istotny wpływ na efektywność tych mechanizmów.

RFT mają udział w patogenezie wielu chorób; mogą powstawać w organizmie w procesach metabolicznych i być wykorzystywane w obronie immunologicznej. Stan

fizjologicznego przekroczenia poziomu RFT określa się mianem stresu oksydacyjnego. Mechanizmy antyoksydacyjne zapobiegają temu zjawisku. Badania osób zawodowo narażonych na ekspozycję na metale ciężkie wykazały wpływ tych pierwiastków na wzmożenie reakcji wolnorodnikowych i osłabienie mechanizmów antyoksydacyjnych oraz intensywność procesów lipoperoksydacji i zaburzenia prawidłowej gospodarki makro- i mikroelementami w organizmie człowieka.

Celem naszych badań było przeanalizowanie odpowiedzi organizmu człowieka na stres oksydacyjny wywołany czynnikami środowiskowymi (koncentracja makroelementów Na, K, Ca, Mg, Fe, mikroelementów Zn, Cu, Mn, Co i toksycznych metali ciężkich Cd, Pb), określenie wpływu zanieczyszczenia środowiska na sprawność enzymatycznych mechanizmów antyoksydacyjnych (aktywność dysmutazy ponadtlenkowej SOD i katalazy CAT oraz całkowita zdolność antyoksydacyjna TAS, będąca miarą zawartości antyoksydantów nieenzymatycznych, głównie kwasu moczowego i askorbinowego) i na koncentrację białek stresowych (ceruloplazminy CP, ferrytyny FRT, haptoglobiny HPT, glutationu GSH) oraz na intensywność procesów lipoperoksydacji (których wskaźnikiem jest dialdehyd malonowy MDA). Badania miały też na celu określenie zmian poziomu wymienionych pierwiastków we krwi osób zamieszkujących tereny o różnym stopniu zanieczyszczenia oraz wyjaśnienie znaczenia analizowanych mechanizmów w ochronie organizmu przed reaktywnymi formami tlenu, w powiązaniu z uwarunkowaniami środowiskowymi i określenie, który z nich odgrywa najważniejszą rolę w ochronie przed stresem oksydacyjnym u ludzi zamieszkujących obszary zdegradowane.

Celem badań było wykazanie, czy zmiany w gospodarce pierwiastkowej we krwi osób zamieszkujących obszary o różnym stopniu zanieczyszczenia prowadzą do zmian efektywności mechanizmów antyoksydacyjnych i intensywności procesów peroksydacji lipidów. Wyjaśniono znaczenie mechanizmów antyoksydacyjnych w odpowiedzi organizmu na czynniki środowiskowe związane ze zmianami stężeń wybranych pierwiastków chemicznych we krwi. Określono, który z mechanizmów antyoksydacyjnych odgrywa największą rolę w ochronie organizmu przed stresem oksydacyjnym, w powiązaniu z uwarunkowaniami środowiskowymi. Zbadano zależności pomiędzy stężeniem pierwiastków chemicznych we krwi a elementami bariery antyoksydacyjnej organizmu oraz intensywnością procesów lipoperoksydacji (stężenie MDA) w surowicy.

Badania przeprowadzono na terenie województwa kujawsko-pomorskiego, który jest obszarem zróżnicowanym, ze względu na zanieczyszczenie środowiska: Inowrocławski Region Zagrożenia Ekologicznego IRZE (powiat inowrocławski, najbardziej zanieczyszczony), powiat mogileński (bezpośrednio sąsiadujący, o średnim stopniu zanieczyszczenia) oraz jako teren kontrolny wytypowano obszar Borów Tucholskich (powiat tucholski), o stosunkowo niewielkim stopniu zanieczyszczenia.

Materiał badawczy stanowiła krew pobrana od zdrowych ochotników (poniżej 60. roku życia, mieszkających i pracujących na danym terenie powyżej 10 lat (WHO), nienarażonych zawodowo na ekspozycję na metale ciężkie, niestosujących żadnej diety). Pobrano: 98 prób krwi od osób zamieszkujących powiat mogileński, 90 – od zamieszkujących powiat inowrocławski i 122. – od osób zamieszkujących powiat tucholski.

Wykonano analizy koncentracji pierwiastków chemicznych (Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Cd, Pb) we krwi (ICP-MS), aktywności dysmutazy ponadtlenkowej, katalazy i koncentracji glutationu (Cayman Chemical Co., Ann Arbor, MI, USA) oraz aktywności koncentracji ceruloplazminy, ferrytyny i haptoglobiny (metodą immunonefelometrii w Systemie BN (Dade Behring Diagnostics sp. z o.o.), całkowitą zdolność antyoksydacyjną surowicy (TAS) – metodą Benzie i Straina (1996), w modyfikacji Bartosza (2009), opartą na zasadzie redukcji jonów Fe^{3+} , koncentracji dialdehydu malonowego w surowicy (metoda tiobarbiturowa, według Rice-Evans i in. (1991) w modyfikacji Atmaca (2004). Przeprowadzono badania ankietowe i analizę statystyczną wyników.

Wykazano wzrost aktywności SOD i stężenia CP, jako ważnych mechanizmów obronnych organizmu przed stresem oksydacyjnym wywołanym czynnikami środowiskowymi. Stwierdzono wzrost aktywności SOD ($r = 0.602$, $p = 0,006$) i stężenia HPT ($r = 0.898$, $p = 0.000$) oraz spadek aktywności CAT ($r = -0.260$, $p = 0.000$) pod wpływem wzrostu stężenia Cd u osób zamieszkujących teren o średnim stopniu zanieczyszczenia. Wykazano dodatnie korelacje pomiędzy stężeniem CP i Cu, niezależnie od środowiska (IRZE: $r = 0,886$, $p = 0,000$; powiat mogileński: $r = 0.471$, $p = 0.000$; teren kontrolny: $r = 0.572$, $p = 0.001$), co sugeruje, iż wzrost poziomu Cu powoduje wzrost zawartości CP, jako mechanizmu zapewniającego utrzymanie fizjologicznego poziomu tego pierwiastka w organizmie. U ludzi zamieszkujących powiat mogileński i Bory Tucholskie wykazano dodatnie korelacje pomiędzy zawartością FRT i koncentracją Fe (odpowiednio: $r = 0.832$, $p = 0.000$; $r = 0.407$, $p = 0.000$), co wskazuje, iż wzrost poziomu FRT jest odpowiedzią organizmu na wzrost koncentracji Fe. Jednocześnie brak takiej korelacji u ludzi z IRZE (najniższa koncentracja Fe we krwi) sugeruje, że istnieje graniczny poziom tego pierwiastka, po przekroczeniu którego dochodzi do aktywacji tego mechanizmu obronnego. Stwierdzono ograniczający efekt wzrostu stężenia Co ($r = -0.429$, $p = 0.019$) i niedoboru Cu ($r = -0.372$, $p = 0.019$) na nieenzymatyczne mechanizmy antyoksydacyjne (TAS) u osób z terenu kontrolnego.

Wykazano wzrost stężenia GSH, jako odpowiedź i mechanizm obronny wobec wzrostu stężenia Pb u osób zamieszkujących teren o średnim stopniu zanieczyszczenia ($r = 0.927$, $p = 0.000$). Brak istotnych korelacji pomiędzy stężeniem MDA i badanymi mechanizmami antyoksydacyjnymi sugeruje, iż u zdrowych osób zamieszkujących badane tereny, mechanizmy antyoksydacyjne zabezpieczają organizm przed procesami lipoperoksydacji do określonej granicy.

Na podstawie przeprowadzonych badań można wnioskować, że stan środowiska generuje określone reakcje antyoksydacyjne w organizmie człowieka, powodując zmiany aktywności enzymów antyoksydacyjnych, stężenia białek odpowiedzialnych za utrzymanie fizjologicznego poziomu jonów metali przejściowych oraz antyoksydantów niskocząsteczkowych i nieenzymatycznych, w określonych granicach tolerancji. Te mechanizmy decydują o uruchamianiu specyficznych w danej sytuacji odpowiedzi obronnych organizmu.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Karolina Bombolewska¹, Halina Tkaczenko³,
Tomasz Stuczyński^{4,5}, Natalia Kurhaluk³**

**POLIMORFIZMY GENOWE WARUNKOWANE ŚRODOWISKOWO A RAK
JELITA GRUBEGO U LUDZI**

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland,*

e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl, karolina.bombolewska@cm.umk.pl;

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland,
e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl;*

⁴*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁵*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: transferaza S-glutationowa; rak jelita grubego; enzymy antyoksydacyjne; dialdehyd malonowy; pierwiastki śladowe; polimorfizm; geny; stres oksydacyjny

Rak jelita grubego (RJC) jest jedną z najczęściej występujących postaci nowotworów złośliwych na świecie i stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia publicznego. W jego etiologii istotną rolę odgrywają zarówno czynniki genetyczne, jak i środowiskowe. Coraz więcej badań wskazuje na złożoną interakcję pomiędzy polimorfizmami genowymi a czynnikami środowiskowymi, które mogą zwiększać ryzyko wystąpienia tego nowotworu. Czynniki środowiskowe, takie jak dieta, styl życia, narażenie na zanieczyszczenia, a także infekcje wirusowe, mogą działać synergistycznie z polimorfizmami genowymi, prowadząc do zwiększenia podatności na rozwój raka jelita grubego.

Zaburzenia równowagi pomiędzy powstawaniem reaktywnych form tlenu RFT a działaniem systemów obronnych organizmu, powodują stres oksydacyjny, który jest przyczyną poważnych zaburzeń metabolizmu komórkowego. Wzmoczona produkcja RFT powoduje niszczenie białek, błon komórkowych i DNA. Uszkodzenia DNA prowadzą do mutacji, a te leżą u podłoża procesów nowotworowych.

Jelito grube jest miejscem wielu mutacji genetycznych. Przyczyny powstawania raka jelita grubego nie zostały jeszcze w pełni poznane. Znaczenie mają tu predyspozycje genetyczne; do tej pory udało się zidentyfikować około 50 protoonkogenów i prawie 10 genów supresorowych, których uszkodzenia wykrywa się u co najmniej 30% chorych na raka jelita (są to m.in. geny: *APC*, *p53*, *K-ras*, *hMSH2*, *hMLH1*, *hPMS1*, *DCC*, *MCC*). Czynniki ryzyka raka jelita grubego mogą więc być genetyczne (uwarunkowania dziedziczne) i środowiskowe (związki zawarte w pokarmie, wdychanym powietrzu, niewłaściwa dieta, oddziaływanie RFT, inne).

Transferazy S-glutationowe (GST) stanowią rodzinę enzymów, których funkcja detoksykacyjna polega na katalizowaniu reakcji sprzęgania endogennego glutationu z elektrofilowymi metabolitami I fazy biotransformacji. Ekspresja genu *GSTM1* jest cechą dominującą, dziedziczną autosomalnie, a osoby mające w genomie jeden prawidłowy allel genu *GSTM1* (heterozygoty) wykazują w swoich komórkach obecność enzymu *GSTM1*. Gen *GST T1* wpływa na reakcje sprzęgania glutationu z niskocząsteczkowymi związkami. Delecja *GST T1* powoduje brak aktywnego białka kodowanego przez ten gen. Osoby mające w genomie jeden prawidłowy allel genu *GSTT1* (heterozygoty) charakteryzują się nie zmienioną lub zmniejszoną aktywnością izoenzymu. W genie *CYP1B1* wykazano występowanie czterech polimorfizmów (*Arg48Gly*, *Ala119Ser*, *Leu432Val*, *Asn453Ser*), których obecność wpływa na hamowanie aktywności enzymu *CYP1B1*, co może być przyczyną ryzyka nowotworu płuc, jamy ustnej, okrężnicy i prostaty.

Celem naszych badań było określenie częstości występowania wariantów polimorficznych *M1* i *T1* genu *GST* oraz *A119S*, *L432V* i *R48G* genu *CYP1B1* u chorych na raka jelita grubego i w grupie kontrolnej. Zbadano także intensywność enzymatycznych mechanizmów antyoksydacyjnych (aktywność dysmutazy ponadtlenkowej SOD i katalazy CAT) w celu określenia, który z badanych mechanizmów odgrywa większą rolę w ochronie organizmu przed reaktywnymi formami tlenu. Badania miały też na celu określenie zmian koncentracji toksycznych pierwiastków chemicznych (arsen, kadm, glin, ołów, nikiel) we krwi chorych i w grupie kontrolnej oraz określenie korelacji tych zmian z występowaniem form polimorficznych ww. genów i aktywnością enzymatycznych mechanizmów antyoksydacyjnych. Ważnym aspektem było również zbadanie koncentracji 8-hydroksy-2-deoksyguanozyny (8-OHdG), która jest wskaźnikiem stopnia tlenowego uszkodzenia materiału DNA we krwi chorych na raka jelita grubego i w grupie kontrolnej.

Określono zatem częstość występowania wariantów polimorficznych *M1* i *T1* genu *GST* oraz genotoksyczny wpływ ksenobiotyków i polimorfizm wybranych genów u chorych z rakiem jelita grubego i w grupie kontrolnej. Zbadano enzymatyczne mechanizmy antyoksydacyjne (aktywność SOD i CAT) u zdrowych i chorych. Przeanalizowano zmiany koncentracji pierwiastków śladowych (As, Cd, Al, Pb, Ni) we krwi u ludzi (ICP-MS) i określono korelacje tych zmian z występowaniem form polimorficznych genów *GSTM1* i *GSTT1* i aktywnością enzymatycznych

mechanizmów antyoksydacyjnych. Określono zależności pomiędzy stężeniem pierwiastków, efektywnością mechanizmów antyoksydacyjnych i intensywnością lipoperoksydacji, w powiązaniu z występowaniem form polimorficznych *M1* i *T1* genu *GST* u chorych na raka jelita grubego i w grupie kontrolnej. Materiał stanowiły próby krwi, a badania obejmowały pacjentów hospitalizowanych z rakiem jelita grubego w Centrum Onkologii im. Prof. Franciszka Łukaszczyka w Bydgoszczy (n = 98); kontrolę stanowili zdrowi ochotnicy rekrutowani w Miejskim Centrum Lekarskim w Tucholi (n = 126).

Przeprowadzono izolację genomowego DNA z krwi obwodowej (Epicentre Biotechnologies, MasterPure DNA Purification Kit); analizę molekularną polimorfizmu *M1* i *T1* genu *GST* (PCR multiplex). Zweryfikowano występowanie polimorfizmów *A119S*, *L432V* i *R48G* genu *CYP1B1* (PCR-RFLP). Zbadano aktywności dysmutazy ponadtlenkowej, katalazy i koncentracja 8-hydroksy-2-deoksyguanozyny w surowicy (Cayman Chemical Co., Ann Arbor, MI, USA) i oznaczono intensywność lipoperoksydacji (metoda tiobarbiturowa, według Rice-Evans i in. (1991) w modyfikacji Atmaca (2004). Przeprowadzono badania ankietowe.

Stwierdzono, iż w badanej populacji 44% chorych posiadało delecję genu *GSTM1*. Osoby z polimorfizmem *GSTT1* stanowiły 29%. Prawidłowe obydwie kopie genów *GSTM1* i *GSTT1* w grupie osób z rakiem jelita grubego miało 21% chorych. Najmniej (6%) stanowiły osoby z nieprawidłowymi wariantami obydwu genów. W grupie kontrolnej 62% stanowiły osoby z prawidłowym genotypem *GSTM1/GSTT1*, a 18% – z delecją genu *GSTM1*. Delecję obydwu genów posiadało 13% zdrowych osób, a najmniej (7%) stanowiły osoby z polimorfizmem genu *GSTT1*.

W grupie chorych wykazano niższą aktywność CAT ($4.775 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{ml}^{-1}$) w surowicy, w porównaniu z grupą kontrolną ($8.2905 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{ml}^{-1}$). W grupie chorych stwierdzono wyższą aktywność SOD ($0.09 \text{ U} \cdot \text{ml}^{-1}$), wobec grupy kontrolnej ($0.0362 \text{ U} \cdot \text{ml}^{-1}$). Koncentrację MDA z wyższym wynikiem wykazano w grupie chorych ($0.1032 \mu\text{M}$), w porównaniu do grupy kontrolnej ($0.0872 \mu\text{M}$). U osób z rakiem jelita grubego stwierdzono większe stężenie arsenu ($0.0019 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), w porównaniu do grupy kontrolnej ($0.0013 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Wykazano ujemną zależność ($r = -0.4757$) pomiędzy stężeniem As we krwi i aktywnością SOD w surowicy chorych o genotypie *GSTM1-/GSTT1+*. W tej samej grupie stwierdzono ujemną korelację ($r = -0.3398$) koncentracji Cd we krwi i aktywności SOD w surowicy.

W grupie kontrolnej wykazano dodatnią korelację ($r = 0.37$) pomiędzy koncentracją Al we krwi, a stężeniem MDA w surowicy, oraz dodatnią zależność ($r = 0.34$) pomiędzy stężeniem Al, a koncentracją MDA u osób posiadających obydwa prawidłowe geny *GSTM1* i *GSTT1* należących do grupy kontrolnej. W tej samej grupie stwierdzono dodatnią korelację ($r = 0.33$) pomiędzy stężeniem Ni we krwi, i MDA w surowicy. Może to świadczyć, iż nikiel i glin mogą być aktywatorami stresu oksydacyjnego, czemu towarzyszy wzmożona peroksydacja lipidów, wyrażona wzrostem stężenia MDA w surowicy. W grupie chorych wykazano ujemną korelację ($r = -0.40$) pomiędzy stężeniem As we krwi, a koncentracją MDA w surowicy osób z

polimorfizmem genu *GSTM1*. W tej samej grupie u osób z delecją *GSTM1* stwierdzono dodatnią korelację ($r = 0.43$) pomiędzy aktywnością SOD, a stężeniem MDA. Sugeruje to, iż u ludzi z rakiem jelita grubego badane mechanizmy antyoksydacyjne chronią przed konsekwencjami stresu oksydacyjnego (lipoperoksydacja).

Otrzymane wyniki wskazują, iż wzrost stężenia pierwiastków chemicznych (As, Cd) we krwi chorych, u których stwierdzono polimorfizm genu *GSTM*, może przyczyniać się do zmniejszenia koncentracji SOD, powodując zmiany efektywności mechanizmów antyoksydacyjnych, a tym samym do gromadzenia się RFT w organizmie.

Czynniki środowiskowe i zmiana stężenia we krwi pierwiastków śladowych (As, Cd, Pb, Al, Ni), mogą warunkować mechanizmy antyoksydacyjne i intensywność lipoperoksydacji w organizmie człowieka. Zależności pomiędzy pierwiastkami a mechanizmami antyoksydacyjnymi i procesem lipoperoksydacji, wskazują na potrzebę uwzględnienia tych czynników, jako ważnych dla oceny zagrożenia organizmu przed stresem oksydacyjnym.

Wyniki badań potwierdzają znaczącą rolę zarówno czynników genetycznych, jak i środowiskowych w rozwoju raka jelita grubego. Genetyczne predyspozycje, takie jak polimorfizmy genów *GSTM1* i *GSTT1* oraz *CYP1B1*, w połączeniu z ekspozycją na niektóre pierwiastki toksyczne (As, Cd, Al, Pb, Ni), mogą zwiększać ryzyko zachorowania. Obserwowany wzrost stężenia pierwiastków chemicznych, takich jak arsen i kadm, w grupie chorych może powodować zmniejszenie aktywności enzymów antyoksydacyjnych, takich jak SOD. Prowadzi to do osłabienia mechanizmów obronnych organizmu i akumulacji reaktywnych form tlenu, co w konsekwencji sprzyja procesom nowotworowym.

U chorych na raka jelita grubego zaobserwowano wzrost koncentracji MDA, co wskazuje na nasilenie procesów lipoperoksydacji i potwierdza wpływ stresu oksydacyjnego na rozwój nowotworu. Wzajemne zależności pomiędzy aktywnością enzymów antyoksydacyjnych a stężeniem pierwiastków śladowych sugerują, że stres oksydacyjny odgrywa istotną rolę w patogenezie tego nowotworu. Badania wykazały, że czynniki środowiskowe, takie jak zanieczyszczenie pierwiastkami toksycznymi, wpływają na aktywność mechanizmów antyoksydacyjnych, co podkreśla konieczność uwzględnienia tych czynników w ocenie ryzyka rozwoju raka jelita grubego i ochrony organizmu przed stresem oksydacyjnym.

Wyniki wskazują na konieczność kontynuowania badań nad interakcjami pomiędzy genetycznymi predyspozycjami a czynnikami środowiskowymi w celu lepszego zrozumienia ich wpływu na mechanizmy nowotworowe, co może mieć potencjalne znaczenie w profilaktyce i leczeniu raka jelita grubego. Badanie koncentracji toksycznych pierwiastków chemicznych we krwi i ich korelacji z polimorfizmami genów oraz aktywnością enzymów antyoksydacyjnych może pomóc w zrozumieniu, jak czynniki środowiskowe wpływają na ryzyko RJC.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Agnieszka Wiśniewska¹, Halina Tkaczenko³,
Tomasz Stuczyński^{4,5}, Natalia Kurhaluk³**
**CZYNNIKI ŚRODOWISKOWE A KONDYCJA UKŁADU KOSTNO-
STAWOWEGO CZŁOWIEKA**

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland,*

e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl, agnieszka.wisniewska@cm.umk.pl;

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland,
e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl;*

⁴*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁵*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: tkanka kostna; czynniki środowiska; bariera obronna; mechanizmy antyoksydacyjne; gospodarka pierwiastkowa; enzymy antyoksydacyjne; układ kostno-stawowy

Kondycja układu kostno-stawowego człowieka jest kluczowym aspektem zdrowia, który wpływa na jakość życia i zdolność do wykonywania codziennych czynności. W miarę starzenia się populacji oraz wzrostu liczby chorób przewlekłych, takich jak osteoporoza, artretyzm czy zwyrodnienia stawów, zrozumienie czynników wpływających na zdrowie układu kostno-stawowego staje się coraz ważniejsze.

Czynniki środowiskowe, takie jak dieta, poziom aktywności fizycznej, zanieczyszczenie powietrza, narażenie na toksyny oraz warunki klimatyczne, mają istotny wpływ na kondycję układu kostno-stawowego. Niewłaściwe odżywianie, ubogie w składniki odżywcze niezbędne dla zdrowia kości, takie jak wapń, witamina D i magnez, może prowadzić do osłabienia struktury kostnej i zwiększenia ryzyka złamań. Z kolei brak aktywności fizycznej wpływa na elastyczność stawów oraz ich sprawność funkcjonalną, co może przyczynić się do rozwoju chorób degeneracyjnych.

Pierwiastki chemiczne o różnym charakterze oddziaływania (Na, K, Ca, Mg, Be, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al, Si, P, S, As, Se, Mo, Cd, Sn, Pb, Hg) na organizm człowieka mogą decydować o istotnych zmianach jego kondycji. Destabilizacja gospodarki pierwiastkowej w środowisku, połączona z innymi elementami jego degradacji (zasolenie, zakwaszenie, zmiany sieci wodnej), potęgują niekorzystne zmiany u osób zamieszkujących te środowiska. Dlatego monitorowanie stanu zdrowia ludzi jest ściśle związane z rejestrowaniem stężeń pierwiastków, aktywności enzymów antyoksydacyjnych (dysmutaza ponadtlenkowa SOD, katalaza CAT) poziomu białek stresowych (ceruloplazmina CP, haptoglobina HPT, ferrytyna FRT) i antyoksydantów niskocząsteczkowych (glutation GSH) w materiale biologicznym. Spośród różnych rodzajów tego materiału ważne znaczenie w ocenie ryzyka

narażenia na pierwiastki chemiczne, spełniają elementy chrzęstno-kostne, zwłaszcza kości. Równocześnie oddziaływanie metali ciężkich na organizm jest wielokierunkowe, a wśród najczęściej stwierdzanych efektów ich długofalowego wpływu jest upośledzenie funkcjonowania układu kostno-stawowego.

Celem naszych badań było ustalenie związków pomiędzy stężeniem pierwiastków chemicznych (Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu, Mn, Al, As, Cd, Pb) a aktywnością enzymów antyoksydacyjnych i intensywnością lipoperoksydacji w przebiegu chorób układu kostno-stawowego (głównie choroba zwyrodnieniowa stawów CHZS, osteoporoza OST i reumatoidalne zapalenie stawów RZS). Zbadano różnice koncentracji pierwiastków, aktywności SOD, CAT oraz intensywności peroksydacji lipidów w przebiegu wybranych chorób układu kostno-stawowego.

Analiza danych ankietowych miała wyjaśnić, czy płeć, wiek i styl życia (palenie tytoniu, alkohol, kawa, dieta, aktywność fizyczna), mają związek ze stężeniem pierwiastków chemicznych w kościach u ludzi ze zmianami w układzie kostno-stawowym. Określono zależności pomiędzy stanem fizjologicznym stawów (głównie biodrowych, kolanowych) i towarzyszącymi im zmianami patofizjologicznymi (dysplazje, osteomalacja, osteoporoza, artretyzm, reumatoidalne zapalenie stawów), a poziomem aktywności układu antyoksydacyjnego, u ludzi w różnych grupach wiekowych. Zbadano znaczenie interakcji pomiędzy wybranymi pierwiastkami chemicznymi w tkance kostnej i ustalono związki pomiędzy stężeniem pierwiastków chemicznych a aktywnością enzymów antyoksydacyjnych i intensywnością lipoperoksydacji w przebiegu chorób układu kostno-stawowego (określenie wpływu pierwiastków chemicznych na układ kostny i enzymatyczną barierę antyoksydacyjną u człowieka).

Grupę chorych stanowiło 116. pacjentów, leczonych w Katedrze i Klinice Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Szpitala Uniwersyteckiego nr 1 w Bydgoszczy. Byli to pacjenci ze schorzeniami układu kostno-stawowego zakwalifikowani do alloplastyki stawów. Grupę kontrolną (krew) stanowiło 94. pacjentów, leczonych w SPZOZ w Mogilnie (pacjenci bez zdiagnozowanych chorób układu kostno-stawowego). Dane na temat stężenia pierwiastków w kościach z grupy kontrolnej pochodzą z piśmiennictwa.

Grupę chorych stanowili pacjenci zakwalifikowani do zabiegu wymiany stawu biodrowego lub kolanowego ze zdiagnozowanymi chorobami układu kostno-stawowego. Materiał badawczy stanowiły krew obwodowa, pobrana z żyły łokciowej oraz fragmenty kości i chrząstki, wypreparowane w trakcie operacyjnego zabiegu wymiany stawów. Fragmenty te stanowiły materiał odpadowy i ich pozyskanie nie stanowiło problemu zdrowotnego dla pacjentów.

Grupę kontrolną stanowiły osoby bez zdiagnozowanych chorób układu kostno-stawowego, zgłaszające się do punktu pobierania krwi w Przychodni SPZOZ w Mogilnie. Próby kontrolne stanowiła krew tych osób, pobierana w ilości 12 ml do probówek do badań biochemicznych w surowicy. Od uczestników badania w grupie

kontrolnej (bez zdiagnozowanych chorób układu kostno-stawowego, a więc nie poddanych zabiegowi wymiany stawu) niemożliwe było pozyskanie prób kości.

Procedura pozyskania materiału badawczego:

1) pacjenci podpisywali zgodę na uczestnictwo w badaniu naukowym oraz oświadczenia wymagane przez Komisję Bioetyczną.

2) pacjenci wypełniali ankiety dotyczące wieku, miejsca zamieszkania, stanu zdrowia, występowania chorób w rodzinie, przyjmowanych leków, stylu życia, ryzyka narażenia zawodowego.

3) przed wykonaniem zabiegu alloplastyki od każdego uczestnika badania pobrano 12 ml krwi do próbek przeznaczonych do badań biochemicznych w surowicy z przyspieszaczem wykrzepiania.

4) podczas zabiegu wymiany stawu (biodrowego lub kolanowego) wyreparowane zostały fragmenty kości i chrząstek.

Krew pacjentów pobierana była do próbek do badań biochemicznych w surowicy z przyspieszaczem wykrzepiania w systemie próżniowym. Surowica krwi była otrzymana zgodnie z metodyką zawartą w zastosowanych zestawach analitycznych. Probówki z krwią pozyskaną w Szpitalu Uniwersyteckim nr 1 w Bydgoszczy były tego samego dnia odbierane i przenoszone do laboratorium. Probówki z krwią pobraną w Szpitalu w Mogilnie przewożono do laboratorium w lodówce przenośnej, w lodzie, który utrzymywał stałą temperaturę. W laboratorium próbki z krwią odwirowano przez 15 min., z prędkością 3000 x g. Następnie zebraną surowicę rozdzielono do 6 próbek Eppendorf o pojemności 0.5 ml, które do czasu wykonania analiz były przechowywane w zamrażarce w temperaturze w temperaturze -80°C .

Fragmenty kości i chrząstek o wielkości około 5 cm x 5 cm, były pobierane przez lekarzy pracujących w Katedrze i Klinice Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu Szpitala Uniwersyteckiego nr 1 w Bydgoszczy. Pozyskany materiał umieszczany był w pojemnikach z formaliną (35-38% wodno-alkoholowy roztwór formaldehydu) i przechowywany w temperaturze -20°C w laboratorium.

Analizy stężeń Na, K, Ca, Mg, Be, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al, Si, P, S, As, Se, Mo, Cd, Sn, Pb i Hg w próbach materiału kostnego, wykonane przy użyciu wysoce selektywnej i czulej metody spektrometrii z zastosowaniem plazmy sprzężonej indukcyjnie (ICP-MS), przy użyciu aparatu typu ICP-MS AGILENT 7500CE.

Badania aktywności enzymów antyoksydacyjnych (SOD, CAT), koncentracji białek stresowych (CP, HPT, FRT) i antyoksydantów niskocząsteczkowych (GSH) wykonano przy pomocy zestawów Cayman Chemical Co., Ann Arbor, MI, USA). Do oznaczenia intensywności lipoperoksydacji zastosowano metodę tiobarbiturową, według Rice-Evans i in. (1991) w modyfikacji Atmaca (2004). Przeprowadzono badania ankietowe.

Wyniki analizowano, stosując testy statystyczne: zależności pomiędzy odpowiedziami na pytania ankietowe w grupach chorych i kontrolnej analizowano testem Chi^2 oraz dokładnym testem Fishera; wyniki aktywności enzymów i stężenia

MDA w grupach chorych i kontrolnej porównywano testem U Manna-Whitneya; wyniki aktywności enzymów, stężenia MDA i stężenia pierwiastków w grupie chorych, w zależności od choroby układu kostno-stawowego, porównywano testem Kruskala-Wallisa; zależność stężenia pierwiastków od aktywności enzymów i stężenia MDA analizowano szacując współczynniki korelacji rangowych Spearmana; zależności pomiędzy pierwiastkami analizowano szacując współczynniki korelacji rangowych Spearmana; zależność pomiędzy odpowiedziami na pytania ankietowe a chorobą układu kostno-stawowego (CHZS, OST, RZS) analizowano testem zależności χ^2 oraz dokładnym testem Fishera; aktywność enzymów i stężenie MDA oraz stężenia pierwiastków chemicznych z podziałem na dane socjodemograficzne i zdrowotne, porównywano testem U Manna-Whitneya. Za istotne przyjęto prawdopodobieństwo testowe na poziomie $p < 0,05$, a za wysoce istotne – prawdopodobieństwo testowe na poziomie $p < 0,01$.

Stwierdzono 1) brak istotnych różnic w stężeniach makro- (Ca, Mg, P) i mikroelementów (Fe, Zn, Cu, Mn, Al, As) w kościach w zależności od chorób układu kostno-stawowego; 2) istotne różnice w stężeniach Cd i Pb w przebiegu CHZS i OST; 3) istotne zależności pomiędzy toksycznymi metalami ciężkimi (Cd, Pb) a makro- (Ca, Mg, P) i mikroelementami (Fe, Zn, Cu, Mn, Al, As): w grupie z CHZS: korelacje Cd-Cu ($r = 0,3955$, $p < 0,01$), Cd-Zn ($r = 0,2545$, $p < 0,05$), Cd-As ($r = 0,3632$, $p < 0,01$), Pb-Ca ($r = 0,2786$, $p < 0,05$), Pb-P ($r = 0,2628$, $p < 0,05$), Pb-Zn ($r = 0,3307$, $p < 0,01$), Pb-Mn ($r = 0,3906$, $p < 0,01$); w grupie z osteoporozą korelacje: Pb-Mg ($r = 0,4997$, $p < 0,05$), Pb-P ($r = 0,5191$, $p < 0,05$), Pb-Cu ($r = 0,4778$, $p < 0,05$), Pb-Al ($r = 0,5315$, $p < 0,05$), Pb-As ($r = 0,4757$, $p < 0,05$); w grupie z RZS korelacje: Cd-Al ($r = 0,6364$, $p < 0,05$), Pb-Zn ($r = 0,6364$, $p < 0,05$); 4) brak istotnych różnic aktywności enzymów antyoksydacyjnych i stężenia dialdehydu malonowego MDA w surowicy osób z chorobami układu kostno-stawowego i osób z grupy kontrolnej; 5) istotne różnice w stężeniach pierwiastków w kościach w zależności od płci, miejsca zamieszkania, nikotyny, spożywania alkoholu; 6) istotne korelacje pomiędzy stężeniami Cu, Fe, Mn, Zn, Pb, Al, Cd, Pb a aktywnością SOD, CAT i stężeniem MDA jako wskaźnika intensywności lipoperoksydacji, w grupie badawczej (bez podziału na rodzaj choroby układu kostno-stawowego) korelacje: Cu-SOD ($r = 0,2039$, $p = 0,0488$), Cd-SOD ($r = 0,2624$, $p = 0,0106$); w grupie z CHZS korelacje: Cd-SOD ($r = 0,3399$, $p = 0,0052$); w grupie z OST: Fe-CAT ($r = 0,6533$, $p = 0,0033$), Cu-CAT ($r = 0,6161$, $p = 0,0065$), Mn-CAT ($r = 0,614$, $p = 0,0067$), Zn-CAT ($r = 0,5955$, $p = 0,0091$); w grupie z RZS korelacje: Cu-CAT ($r = 0,6848$, $p = 0,0289$), Pb-CAT ($r = 0,6606$, $p = 0,0376$), Al-MDA ($r = 0,697$, $p = 0,0251$), Cd-MDA ($r = 0,6848$, $p = 0,0289$).

Wykazano, że płeć, miejsce zamieszkania, palenie tytoniu, spożywanie alkoholu, mają związek z gospodarką pierwiastkową tkanki kostnej u osób ze schorzeniami układu kostno-stawowego. Płeć męska warunkuje wyższe stężenie magnezu, fosforu, cynku i ołowiu, płeć żeńska – wyższe stężenie miedzi w kościach. Mieszkańcy miasta mają istotnie wyższe stężenie żelaza w tkance kostnej. U osób palących występuje

istotnie wyższe stężenie kadmu w kościach. U osób nie spożywających alkoholu występuje istotnie wyższe stężenia miedzi w kościach.

Można wnioskować, że aktywność enzymów antyoksydacyjnych nie jest związana z rodzajem choroby układu kostno-stawowego (chorobą zwyrodnieniową stawów, osteoporozą, reumatoidalnym zapaleniem stawów), o czym świadczy brak istotnych różnic aktywnościach SOD i CAT u osób z CHZS, OST i RZS. Toksyczne metale ciężkie są związane z rozwojem CHZS i OST, co wiąże się z istotnymi różnicami stężeń Cd i Pb w kościach osób z tymi chorobami. Metale toksyczne oddziałują na gospodarkę pierwiastkową tkanki kostnej, co wynika z interakcji stwierdzonych pomiędzy nimi (Cd, Pb), a makro- i mikroelementami (Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu, Mn, Al, As), zwłaszcza w chorobie zwyrodnieniowej stawów i osteoporozie, gdzie występuje najwięcej synergizmów (Cd-Cu, Cd-Zn, Cd-As, Pb-Ca, Pb-P, Pb-Zn, Pb-Mn w CHZS oraz Pb-P, Pb-Mg, Pb-Cu, Pb-Al, Pb-As w osteoporozie).

W przebiegu chorób układu kostno-stawowego stres środowiskowy związany ze wzrostem stężenia Cd w kościach może generować odpowiedź organizmu w postaci wzrostu aktywności SOD w surowicy krwi. W przebiegu RZS odpowiedzią organizmu na rosnące stężenie Pb w tkance kostnej są zmiany aktywności CAT: wzrost poziomu Pb wiąże się ze wzrostem aktywności CAT. Miedź istotnie poprawia aktywność SOD, niezależnie od rodzaju choroby układu kostno-stawowego, co sprzyja aktywacji mechanizmów obronnych. U osób z reumatoidalnym zapaleniem stawów mechanizmy antyoksydacyjne zabezpieczają jedynie do pewnych granic przed wzrostem intensywności lipoperoksydacji. W przebiegu RZS istotne znaczenie odgrywają RFT, które mają udział w etiopatogenezie choroby, a wzmożona lipoperoksydacja może być skutkiem stresu oksydacyjnego inicjowanego przez pierwiastki chemiczne, co uwidacznia się w dodatnich wysokich korelacjach Cd-MDA i Al-MDA.

Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że liczne zależności pomiędzy pierwiastkami chemicznymi a enzymami antyoksydacyjnymi sugerują konieczność uwzględnienia poziomu pierwiastków i ich wzajemnych interakcji w kościach, jako istotnego aspektu zagrożenia stresem oksydacyjnym w przebiegu chorób układu kostno-stawowego.

Badania umożliwią poznanie efektów oddziaływania stresorów środowiskowych na zmiany w kościach i kształtowanie reakcji antyoksydacyjnych u człowieka. Badania ankietowe pacjentów uwzględniają czynniki stresogenne o bezpośrednim związku z aktywnością układu antyoksydacyjnego (WHO), co wpływa na rodzaj i stopień reakcji na stres środowiskowy (zmiany w procesach nowotworzenia i resorpcji kości, zmniejszenie masy kostnej, obniżenie gęstości mineralnej kości, zaburzenia mineralizacji). Pacjenci z chorobami układu kostno-chrzęstnego mają przesuniętą równowagę oksydacyjno-redukcyjną w kierunku oksydacji (zaburzenia równowagi oksydacyjno-redukcyjnej może być przyczyną objawów stanów zapalnych w chorobach stawów). Dlatego określenie stresu oksydacyjnego jest ważne w zrozumieniu patogenezy chorób stawów.

Piotr Kamiński^{1,2}, Joanna Drózdź-Afelt¹, Halina Tkaczenko³, Tomasz Stuczyński^{4,5},
Natalia Kurhaluk³

**PIERWIASTKI CHEMICZNE, POLIMORFIZMY I OBRONA
ANTYOKSYDACYJNA U CHORYCH NA RAKA STERCZA**

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland, e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl, jdrozdz@ukw.edu.pl;*

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl*

³*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland, e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl;*

⁴*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁵*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: transferaza S-glutationowa; rak stercza; polimorfizmy genowe; enzymy antyoksydacyjne; pierwiastki śladowe; MDA; stres oksydacyjny

Rak stercza jest jednym z najczęściej diagnozowanych nowotworów wśród mężczyzn na całym świecie. Jego rozwój jest złożonym procesem, w którym na interakcje genetyczne, hormonalne i środowiskowe wpływają liczne czynniki. W ostatnich latach coraz większą uwagę poświęca się roli pierwiastków chemicznych oraz polimorfizmów genowych w kontekście ochrony przed stresem oksydacyjnym i rozwojem nowotworów, w tym raka stercza.

Pierwiastki chemiczne, takie jak selen, cynk, żelazo i miedź, odgrywają kluczową rolę w procesach biologicznych, w tym w metabolizmie, syntezie enzymów oraz regulacji reakcji antyoksydacyjnych. Selen, w szczególności, jest znany ze swoich właściwości przeciwnowotworowych, a jego niedobór może zwiększać ryzyko rozwoju raka stercza. Wzajemne interakcje między pierwiastkami chemicznymi a polimorfizmami genowymi mogą wpływać na zdolność organizmu do neutralizacji wolnych rodników, co ma kluczowe znaczenie w kontekście ochrony komórek przed uszkodzeniem.

Polimorfizmy genowe, czyli naturalne warianty w sekwencji DNA, mogą modyfikować odpowiedź organizmu na stres oksydacyjny oraz wpływać na efektywność mechanizmów obronnych. Zrozumienie, w jaki sposób te polimorfizmy współdziałają z pierwiastkami chemicznymi w kontekście obrony antyoksydacyjnej, jest kluczowe dla identyfikacji czynników ryzyka oraz strategii profilaktycznych.

Nowotwór gruczołu krokowego jest coraz częstszym schorzeniem mężczyzn po 50. roku życia. Mimo licznych badań, jego etiologia wciąż pozostaje niejasna, mimo licznych badań próbujących rozwikłać główne czynniki ryzyka. Dotychczas odkryto, że jako choroba wieloczynnikowa, ma podłoże zarówno genetyczne, jak i

środowiskowe. Badania poziomu pierwiastków chemicznych (Cu, Zn, Cr, Cd, Pb) we krwi chorych nie dostarczyły dotychczas jednoznacznych rezultatów. Nie prowadzono też szczegółowych analiz związków narażenia na ksenobiotyki z wewnętrznymi uwarunkowaniami organizmu (polimorfizm genów odpowiedzialnych za detoksykację, działanie enzymów antyoksydacyjnych).

Środowisko wymusza odpowiedź organizmu na działanie ksenobiotyków, zwłaszcza metali ciężkich. Reakcje te mogą być zaburzone na poziomie mechanizmów obronnych, co może prowadzić do rozwoju nowotworów, w tym raka gruczołu krokowego. Można spodziewać się wielostronnych interakcji pomiędzy narażeniem na stresory środowiskowe i zawodowe, a zapadalnością na raka stercza. Nasze badania dostarczają istotnych z punktu widzenia medycznego, danych rozstrzygających, w jakim stopniu wpływ czynników środowiskowych (metale toksyczne, reaktywne formy tlenu, kancerogeny) mają znaczenie dla występowania nowotworu gruczołu krokowego u mężczyzn. Nasze badania wykazują ponadto rolę polimorfizmów genów detoksykacyjnych (*GSTM1*, *GSTT1*, *GSTP1*) i działanie enzymów antyoksydacyjnych i detoksykacyjnych (SOD, CAT, GST) w obronie przed stresorami środowiskowymi. Dlatego przeanalizowaliśmy związki badanych markerów, analizując zależności pomiędzy koncentracją głównie metali toksycznych, polimorfizmami, aktywnością enzymów antyoksydacyjnych i intensywnością lipoperoksydacji (MDA).

Nasze badania miały na celu określenie, czy stężenie pierwiastków chemicznych (Fe, Cu, Zn, Al, Ni, Cr, As, Cd, Pb, Hg), głównie toksycznych metali ciężkich (Cd, Pb, Hg, Ni, Cr, As), może być związana z występowaniem raka gruczołu krokowego oraz czy działanie złożonych mechanizmów detoksykacyjnych decyduje o możliwości występowania choroby u ludzi narażonych na szeroko pojęty stres środowiskowy (czynniki narażenia środowiskowego i zawodowego; zróżnicowane środowiska).

Celem naszych badań była także analiza występowania wariantów polimorficznych transferazy S-glutationowej, działania obronnych reakcji antyoksydacyjnych oraz związku tych czynników z poziomem pierwiastków śladowych u chorych na raka stercza.

Materiał stanowiły próby krwi. Zebrano próby krwi od 98. pacjentów Oddziału Klinicznego Onkologii i Brachyterapii Centrum Onkologii im. Franciszka Łukaszczyka w Bydgoszczy ze zdiagnozowanym rakiem stercza oraz od 85. zdrowych ochotników, rekrutowanych w Przychodni SP ZOZ w Mogilnie oraz Zakładzie Profilaktyki i Promocji Zdrowia Centrum Onkologii w Bydgoszczy (mężczyźni powyżej 50. r.ż).

Oznaczono koncentrację pierwiastków chemicznych we krwi (ICP-MS). Zbadano aktywności dysmutazy ponadtlenkowej SOD, katalazy CAT i transferazy S-glutationowej GST (Cayman Chemical Co., Ann Arbor, MI, USA). Oznaczono stężenie dialdehydu malonowego MDA metodą tiobarbiturową, według Rice-Evans i in. (1991) w modyfikacji Atmaca (2004). Wyizolowano genomowy DNA z krwi obwodowej (Epicentre Biotechnologies) i zbadano polimorfizmy *GSTM1*, *GSTT1* i

GSTP1 transferazy S-glutationowej (multiplex-PCR, PCR-RFLP). Przeprowadzono badania ankietowe (czynniki szkodliwe według WHO, choroby).

Zbadano częstość występowania polimorfizmów transferazy S-glutationowej (*GSTM1*, *GSTT1*, *GSTP1*), aktywność enzymów antyoksydacyjnych (GST, SOD, CAT), określono intensywność procesu peroksydacji lipidów (stężenie MDA) oraz stężenie pierwiastków śladowych (Fe, Ni, As, Cd, Pb, Hg, Cr, Zn) u chorych z rakiem stercza i w grupie kontrolnej. Przeanalizowano powiązania wymienionych markerów, badając zależności między polimorfizmami, aktywnością enzymów antyoksydacyjnych, stężeniem pierwiastków śladowych i intensywnością lipoperoksydacji.

Stwierdzono brak istotnych statystycznie różnic w częstości występowania polimorfizmów transferazy S-glutationowej (*M1*, *T1*, *P1*) pomiędzy chorymi z rakiem stercza, a grupą kontrolną. Istotną różnicę pomiędzy grupami stwierdzono w przypadku aktywności SOD, która była niższa w grupie z rakiem stercza. We krwi osób z nowotworem wykazano istotnie wyższe stężenie arsenu. W grupie chorych stwierdzono również niższe stężenie Cr, Cu, Zn, Cd i Pb. U osób z rakiem stercza o genotypie *GSTM1*⁻ odnotowano wyższe stężenia Hg, niż u osób z nowotworem, które posiadały wariant genetyczny *GSTM1*⁺.

Stwierdzono istotną korelację dodatnią ($r = 0.80$) pomiędzy stężeniem MDA, a stężeniem Cd oraz silne korelacje dodatnie między stężeniem Fe w stosunku do Ni ($r = 0.65$), Fe w stosunku do Zn ($r = 0.68$) oraz Ni w stosunku do Hg ($r = 0.70$ u osób z delecją genu *GSTT1*). W grupie osób z rakiem stercza, posiadających wariant genetyczny *GSTP1 Val/Val*, odnotowano korelację dodatnią ($r = 0.89$) dotyczącą związku chromu z narażeniem na czynniki szkodliwe w miejscu pracy oraz ujemną korelację dla CAT i arsenu ($r = -0.80$) i osobno dla CAT i Cd ($r = -0.87$). Dla tej grupy uzyskano dodatkowo silną korelację ujemną ($r = -0.95$) pomiędzy stężeniem MDA, a stężeniem Hg.

Wyniki wskazują na brak roli wariantów genetycznych GST w zwiększaniu ryzyka raka stercza w badanej populacji pacjentów. Niższa aktywność SOD w grupie chorych może być spowodowana zaburzeniami systemu obrony antyoksydacyjnej u tych osób. Związek z obniżeniem aktywności SOD może mieć niskie stężenie Cu i Zn. Wyższe stężenie arsenu w grupie chorych stanowi podstawę dla dalszych badań ekspozycji na ten pierwiastek w przypadkach raka stercza.

Wyniki sugerują, że delecja *GSTM1* może być czynnikiem zwiększającym podatność organizmu na ekspozycję na rtęć u osób z rakiem stercza. U mężczyzn z nowotworem o genotypie *GSTT1*⁻ może występować intensyfikacja procesów lipoperoksydacji w odpowiedzi na zwiększoną ekspozycję na kadm. U mężczyzn z rakiem stercza o genotypie *GSTT1*⁻ następuje równoczesna kumulacja pierwiastków, ze względu na możliwe wspólne źródło ekspozycji.

Uzyskano wyniki mogące świadczyć o załamaniu się odpowiedzi antyoksydacyjnej u chorych ekspozowanych na wysokie stężenia As i Cd, posiadających wariant genetyczny *GSTP1 Val/Val*. Ten genotyp wiąże się z wyższym narażeniem zawodowym na chrom. Wynik korelacji między MDA, a rtęcią wskazuje

na możliwość braku prawdopodobnego związku pomiędzy indukcją stresu oksydacyjnego, a narażeniem na rtęć w grupie z rakiem stercza o genotypie *GSTP1 Val/Val*.

Można wnioskować o zależności pomiędzy badanymi polimorfizmami, a mechanizmami antyoksydacyjnymi, procesem lipoperoksydacji i stężeniem pierwiastków śladowych we krwi mężczyzn z rakiem stercza. Wyniki wskazują na potrzebę uwzględnienia czynników środowiskowych, jako istotnych w ocenie zagrożeń wynikających z narażenia chorych na raka stercza na stres oksydacyjny.

Nasze badania dostarczają nowych z punktu widzenia medycznego, danych rozstrzygających, czy stężenie pierwiastków chemicznych, głównie toksycznych metali ciężkich, może wykazywać odmienne wartości u chorych na raka stercza, w porównaniu ze zdrową grupą kontrolną oraz czy złożone mechanizmy detoksykacyjne mogą wykazywać związek z występowaniem choroby u osób narażonych na działanie środowiskowych kancerogenów i czy poziom metali ciężkich może wiązać się z polimorfizmem genów detoksykacyjnych i działaniem enzymów antyoksydacyjnych u chorych na raka stercza. Dodatkowo uwzględniono istotność innych czynników ryzyka, jak styl życia, narażenie na czynniki stresowe, choroby, obciążenia genetyczne.

Nasze wyniki pozwalają ocenić, czy stężenie pierwiastków chemicznych wiąże się z polimorfizmem transferazy S-glutationowej, a więc możliwościami detoksykacyjnymi organizmu. Takie korelacje przeanalizowano również dla enzymów antyoksydacyjnych i dialdehydu malonowego, co pozwala ocenić narażenie badanych mężczyzn na stres oksydacyjny w warunkach ograniczonej bądź prawidłowej zdolności biotransformacji ksenobiotyków, wynikającej z ustalonego w badaniu molekularnym genotypu (analiza genów transferazy S-glutationowej).

Rak stercza jest jednym z najczęściej diagnozowanych nowotworów u mężczyzn na świecie, a jego rozwój jest wynikiem interakcji czynników genetycznych, hormonalnych i środowiskowych. Pierwiastki chemiczne, takie jak selen, cynk, żelazo i miedź, mają kluczowe znaczenie w ochronie przed stresem oksydacyjnym. Niedobory tych pierwiastków mogą zwiększać ryzyko rozwoju raka stercza, szczególnie selen, który wykazuje właściwości przeciwnowotworowe.

Środowisko, w tym narażenie na metale ciężkie i inne ksenobiotyki, wywiera istotny wpływ na mechanizmy obronne organizmu i może przyczyniać się do rozwoju raka stercza. Zidentyfikowano istotne korelacje między poziomem toksycznych metali a intensywnością procesów lipoperoksydacji. Przeprowadzone badania na krwi pacjentów z rakiem stercza oraz grupy kontrolnej wykazały, że w grupie chorych stwierdzono wyższe stężenie arsenu, niższe stężenie miedzi, cynku oraz kobaltu, a także obniżoną aktywność dysmutazy ponadtlenkowej. Nie zaobserwowano istotnych różnic w częstości występowania polimorfizmów transferazy S-glutationowej (*GSTM1*, *GSTT1*, *GSTP1*) między pacjentami a grupą kontrolną. Wskazuje to na brak ich roli w zwiększaniu ryzyka raka stercza w badanej populacji.

Wnioski sugerują, że rozwój raka stercza jest wynikiem złożonej interakcji czynników środowiskowych, genetycznych i stylu życia, co wymaga dalszych badań w celu lepszego zrozumienia mechanizmów ryzyka. Istnieje potrzeba dalszej analizy wpływu ekspozycji na metale ciężkie, a także identyfikacji innych potencjalnych czynników ryzyka, takich jak styl życia, choroby i obciążenia genetyczne, które mogą przyczyniać się do rozwoju raka stercza. Wyniki badań mogą przyczynić się do lepszego zrozumienia mechanizmów etiologicznych raka stercza oraz pomóc w opracowaniu skutecznych strategii profilaktycznych i terapeutycznych.

**Piotr Kamiński^{1,2}, Karolina Sar¹, Halina Tkaczenko³, Tomasz Stuczyński^{4,5},
Natalia Kurhaluk³**

ŚRODOWISKOWE I GENETYCZNE ZMIANY MECHANIZMÓW OBRONNYCH U LUDZI Z CHOROBIAMI METABOLICZNYMI UKŁADU KOSTNO-STAWOWEGO

¹*Nicolaus Copernicus University in Toruń, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Faculty of Medicine, Department of Biology and Medical Biochemistry, Division of Ecology and Environmental Protection, Bydgoszcz, Poland,*

e-mail: piotr.kaminski@cm.umk.pl, karolina.gizler@cm.umk.pl;

²*University of Zielona Góra, Faculty of Biological Sciences, Institute of Biological Sciences, Department of Biotechnology, Zielona Góra, Poland, e-mail: p.kaminski@wnb.uz.zgora.pl;*

³*Pomeranian University in Słupsk, Institute of Biology, Słupsk, Poland,
e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl;*

⁴*Soil and Plant Cultivation-Government Scientific Institute, Department of Soil Sciences, Puławy, Poland, e-mail: ts@iung.pulawy.pl, tomasz.stuczynski@sgs.com;*

⁵*The John Paul II Catholic University of Lublin, Faculty of Natural Sciences and Health, Lublin, Poland, e-mail: stuczynski@kul.pl*

Słowa kluczowe: *polimorfizmy STAT4, CTLA4; allele; choroby metaboliczne układu kostno-stawowego; choroba zwyrodnieniowa stawów; dna moczanowa; mechanizmy antyoksydacyjne; ceruloplazmina; reaktywne formy tlenu; toksyczne metale ciężkie*

Choroby metaboliczne układu kostno-stawowego, takie jak osteoporoza, zapalenie stawów czy choroba zwyrodnieniowa stawów, stanowią poważny problem zdrowotny, który dotyka coraz większą część populacji na całym świecie. Wraz z postępującym starzeniem się społeczeństwa oraz wzrostem czynników ryzyka, takich jak otyłość, niewłaściwa dieta oraz brak aktywności fizycznej, konieczne staje się zrozumienie mechanizmów obronnych organizmu, które mogą wpływać na rozwój i przebieg tych chorób.

Zmiany środowiskowe oraz genetyczne mają istotny wpływ na funkcjonowanie mechanizmów obronnych, które chronią układ kostno-stawowy przed uszkodzeniami i degeneracją. Czynniki środowiskowe, takie jak zanieczyszczenie powietrza, narażenie na toksyny oraz stres, mogą prowadzić do osłabienia odpowiedzi immunologicznej i prozapalnej organizmu, co z kolei zwiększa ryzyko

wystąpienia chorób metabolicznych. Z drugiej strony, genetyczne uwarunkowania mogą determinować indywidualne zdolności obronne organizmu, a także jego reakcje na czynniki środowiskowe. Zrozumienie tych mechanizmów jest kluczowe dla opracowania skutecznych strategii prewencyjnych oraz terapeutycznych, które mogą poprawić zdrowie układu kostno-stawowego oraz jakość życia osób dotkniętych tymi schorzeniami.

Celem badań było określenie wpływu stresorów środowiska (WHO 2019) na zmiany materiału genetycznego u ludzi i kształtowanie genetycznych podstaw uwarunkowań procesów odpornościowych. Określono także zróżnicowanie genetyczne, przy wykorzystaniu technik genetyki molekularnej (markerów RFLP, RAPD, polimorfizmu sekwencji mikrosatelitarnych, sekwencjonowania DNA). Zastosowano markery RAPD, sekwencji mikrosatelitarnych, sekwencjonowanie DNA. Zbadano zależności pomiędzy polimorfizmem DNA w analizowanych grupach pacjentów, a wynikami analiz biochemicznych, w celu poszukiwania genetycznych podstaw uwarunkowań procesów odpornościowych. Określono też wpływ warunków środowiskowych na występowanie mutacji DNA.

Nasze badania miały na celu przeanalizowanie uwarunkowań różnic wybranych alleli genów, które zgodnie z obecnym stanem wiedzy, mają powiązania ze zmianami zapalnymi (polimorfizm pojedynczego nukleotydu genu *STAT4* rs7574865 i polimorfizm A/G w pozycji 1661 promotora genu *CTLA4*) i wpływu toksycznych metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) na mechanizmy antyoksydacyjne (aktywność dysmutazy ponadtlenkowej SOD, katalazy CAT, peroksydazy glutationu GPx, reduktazy glutationu GR i białka stresowego ceruloplazminy CP) u ludzi z chorobą zwyrodnieniową stawów CHZS i dną moczanową DM. Zbadaliśmy też czynniki ryzyka rozwoju tych jednostek chorobowych u pacjentów związanych ze stosowaną dietą, używkami, obecnością nałogów, aktywnością fizyczną, wiekiem, wykształceniem, stopniem i częstością narażenia na czynniki szkodliwe w miejscu pracy, występującymi chorobami reumatycznymi u osób spokrewnionych, wieku rozpoznania pierwszych objawów choroby, wieku w momencie diagnozy choroby.

Zbadaliśmy istotne procesy zachodzące w materiale genetycznym (DNA). Przeanalizowaliśmy proces dziedziczenia nabytych reakcji na stres środowiskowy, który zachodzi powoli, a informacje zakodowane w genach są przekazywane i dziedziczone. Z tych względów podjęliśmy próbę poszukania polimorfizmów pojedynczych nukleotydów (SNP) w genach odpowiedzialnych za kodowanie enzymów antyoksydacyjnych (SOD, CAT, CP, GPx, GR i in.). Aktywność tych enzymów zmierzaliśmy i porównaliśmy z polimorfizmem poszczególnych genów odpowiedzialnych, w celu poszukiwania związków pomiędzy zmiennością na poziomie DNA a reakcją na stres środowiskowy (gen stresu RYR).

Hipotezą badań było występowanie różnic w systemie odpornościowym u ludzi z różnych środowisk, które mają swoje źródło w materiale genetycznym. Dlatego można spodziewać się efektów zmian ekofizjologicznych, determinowanych już genetycznie, tj. na poziomie molekularnym, poprzez wykonanie analiz

laboratoryjnych (głównie znalezienie fragmentu genomu różnicującego kondycję (stan organizmu) ludzi zamieszkujących zróżnicowane środowiska).

Równocześnie przeanalizowaliśmy uwarunkowania genetyczne, które prawdopodobnie są odpowiedzialne za kształtowanie naturalnej odporności (kondycji) i syntezy immunoglobulin Ig w układzie immunologicznym. Hipotezą było przypuszczenie o powolnym i rozwoju określonej predyspozycji do kontrolowanej syntezy białek i innych ciał odpornościowych (IgG, limfocyty T), i o przekazywaniu tej informacji, zakodowanej genetycznie. Stąd poszerzyliśmy badania o istotne procesy zachodzące w genach. Interesuje nas dziedziczenie nabytych reakcji na stres środowiskowy. Zachodzi on powoli, a informacje zakodowane w genach są prawdopodobnie przekazywane i dziedziczone w kolejnych pokoleniach. Dlatego wydaje się, że istnieją możliwości przeciwdziałania niekorzystnym zmianom kondycji, poprzez zastosowanie ingerencji immunologicznej (IgG, limfocyty T).

Całokształt tych procesów w zmienionych warunkach środowiskowych może wyjaśnić przyczyny obecnych, niekorzystnych zmian w układzie kostno-stawowym człowieka. Wyniki pozwalają na postawienie odpowiedniej diagnozy w przypadkach, gdzie zostanie wykazana większa wrażliwość na środowiskowe stresory (WHO), zależna od polimorfizmu genów transferazy S-glutationowej *GSTM1/GSTT1* i innych uwarunkowań genetycznych.

Prowadzone dotychczas badania w omawianym kierunku, ze względu na niejednoznaczne wyniki, sugerują konieczność szczegółowego przeanalizowania mechanizmów obronnych związanych z układem kostno-stawowym u pacjentów ze zmianami patofizjologicznymi w tym układzie. Przyczyni się to do uzyskania bardziej kompletnego obrazu odpowiedzi organizmu ze strony analizowanego układu na zróżnicowany stres środowiskowy. Wyniki mogą stanowić punkt odniesienia, który należy wykorzystać w analizach diagnostycznych.

Zbadaliśmy różnice wybranych alleli genów (polimorfizm pojedynczego nukleotydu genu *STAT4* rs7574865 oraz polimorfizm A/G w pozycji 1661 promotora genu *CTLA4*) i wpływ toksycznych metali ciężkich (Cd, Pb, Zn) na mechanizmy antyoksydacyjne (SOD, CAT, Px, GR) i białka stresowego ceruloplazminy CP) u ludzi z chorobą zwyrodnieniową stawów CHZS i dną moczanową DM. Ponadto zbadaliśmy czynniki ryzyka rozwoju tych jednostek chorobowych u pacjentów związanych ze stosowaną dietą, używkami, obecnością nałogów, aktywnością fizyczną, wiekiem, wykształceniem, stopniem i częstością narażenia na czynniki szkodliwe w miejscu pracy, występującymi chorobami reumatycznymi u osób spokrewnionych, wieku rozpoznania pierwszych objawów choroby, wieku w momencie diagnozy jednostki chorobowej.

Stwierdziliśmy podwyższoną aktywność SOD, GPx, GR, CP u pacjentów ze zdiagnozowaną CHZS i DM. Nie wykazaliśmy zmian aktywności CAT. Do najsilniejszych czynników rozwoju badanych chorób metabolicznych układu kostno-stawowego, związanych ze stylem życia u pacjentów zaliczono: dietę bogatą w słodczyce, wiek, uwarunkowania genetyczne, występowanie chorób pokrewnych w

rodzinie (głównie osteoporozy). Natomiast nałogi, w tym palenie tytoniu, spożywanie alkoholu i picie kawy, nie miały znaczącego wpływu na progresję DM i CHZS. Jednak palenie tytoniu w przeszłości i częste spożywanie warzyw (przynajmniej 2-4 x dziennie) miały znaczący wpływ na stężenie toksycznych metali ciężkich (Cd, Pb, Zn). Spadek stężenia Zn i wzrost stężenia Pb stwierdziliśmy u osób z CHZS i DM w stosunku do kontroli – podobnie wzrost stężenia Cd w grupie z CHZS w odniesieniu do osób z DM.

Analizując korelacje aktywności enzymów antyoksydacyjnych z koncentracją metali ciężkich w surowicy, stwierdziliśmy najwyższe współczynniki rang Spearmana: u osób z CHZS ($r = 0.5269$, $p < 0.05$) dla ceruloplazminy i Pb oraz dla GPx i Cd ($r = 0.4745$, $p < 0.05$); u osób z DM korelację przeciętną ujemną GR z Cd ($r = -0.4933$, $p < 0.05$) oraz ujemną wysoką CAT z Cd ($r = -0.5183$). Korelację słabą wykazaliśmy dla pacjentów z CHZS: dodatnią ($r = 0.2818$, $p < 0.05$) GR względem ołowiu i CP względem Zn ($r = 0.235$, $p < 0.05$) i ujemną ($r = -0.2951$, $p < 0.05$) dla SOD z Zn.

Ocena częstości występowania genotypów genów *CTLA4* i *STAT4* u chorych wykazała najwyższy procent dla wariantów alleli GG genu *CTLA4* (49%) u pacjentów z CHZS oraz GT u osób z dną moczanową (61%). Najniższy procent wykazaliśmy dla genotypu AA genu *CTLA4* w grupie chorych z CHZS (7%); i GA dla grupy z DM (20%). Ponadto osoby z DM, heterozygoty (GA) genu *CTLA4*, charakteryzował największy spadek aktywność SOD, GR i najwyższy wzrost aktywności CAT.

Wyniki otrzymane w naszych badaniach mogą sugerować, że choroba zwyrodnieniowa stawów i dna moczanowa, jak i podwyższenie koncentracji toksycznych metali ciężkich (Cd, Pb) wpływają na wzrost stresu oksydacyjnego w organizmie człowieka, poprzez zwiększoną produkcję reaktywnych form tlenu, gdyż SOD, GPx, GR i CP mają znacznie zwiększoną aktywność.

Osoby z DM mogą mieć obniżoną kondycję organizmu poprzez mniej efektywną odpowiedź obronną układu odpornościowego (allel T genu *STAT4*) w stosunku do pacjentów z CHZS oraz skuteczność działania mechanizmów antyoksydacyjnych, ponieważ wykazują znaczne obniżenie aktywności SOD, GR (heterozygoty (GA) genu *CTLA4*). Korelacja ujemna stężenia Cd i GR może wskazywać, że u osób z DM występuje zachwianie w ogniwie reakcji utleniania i redukcji glutationu wskutek działania jonów kadmu, które wzbudzają syntezę RFT i uniemożliwiają prawidłową regenerację glutationu. Nasze badania umożliwiają poznanie znaczenia istotnych stresorów środowiskowych w kształtowaniu możliwości obronnych organizmu człowieka oraz wykazują wpływ zanieczyszczenie środowiska pierwiastkami chemicznymi na reakcje obronne organizmu na stres środowiskowy. Wyniki te mogą być wykorzystane w diagnostyce chorób układu kostnego (dna moczanowa DM, chorobą zwyrodnieniową stawów ChZS). Umożliwiają dokonanie odpowiednich porównań środowiskowych w obrębie grup osób badanych. Wyniki naszych badań pozwalają na określenie zależności pomiędzy poziomem pierwiastków chemicznych, ich interakcjami, a stanem zdrowotnym stawów (głównie biodrowych, kolanowych,

skokowych, łokciowych, barkowych) u ludzi z DM i ChZS, w różnych grupach wiekowych. Nasze analizy, uzupełnione obrazem aktywności enzymatycznych układów oksydacyjnych, jak również poznaniem intensywności procesów lipoperoksydacji i poziomu białek stresowych, mogą dać dobry obraz uwarunkowań kształtowania się odpowiedzi na zróżnicowany stres środowiskowy. Równoczesna analiza kumulacji odmiennych fizjologicznie pierwiastków w różnych typach kości u ludzi, będących w różnym wieku, pozwala na dokładniejsze prześledzenie związków przyczynowych notowanych równolegle reakcji ze strony układów biochemicznych.

Badania te umożliwiają też poznanie, czy u ludzi istnieją powiązania pomiędzy narażeniem wynikającym z wpływu czynników stresowych (tytoń, alkohol, amalgamaty stomatologiczne, dieta, choroby, uwarunkowania dziedziczne, narażenie zawodowe i środowiskowe na czynniki toksyczne), a stężeniem pierwiastków chemicznych, procesami lipoperoksydacji i reakcjami ze strony oksydacyjnych układów enzymatycznych i nieenzymatycznych. Nasze wyniki pokazują negatywny wpływ pierwiastków chemicznych na reakcje w tkance kostnej oraz mogą ustalić związki pomiędzy koncentracją pierwiastków chemicznych a poziomem aktywności układów pro-antyoksydacyjnych organizmu, w przebiegu DM i ChZS.

Wyniki badań mogą służyć jako podstawy do opracowania nowych metod diagnostycznych i terapeutycznych w leczeniu chorób układu kostno-stawowego. Zrozumienie wpływu zanieczyszczeń chemicznych na zdrowie stawów może prowadzić do skuteczniejszych interwencji medycznych. Wskazują na potrzebę kontynuacji badań w zakresie mechanizmów obronnych organizmu oraz ich związku z chorobami metabolicznymi, co pozwoli na lepsze zrozumienie tych procesów i poprawę jakości życia pacjentów.

Marina Gorbenko, Olena Hasiuk, Serhii Beschasnyi

MELATONIN INCREASES THE ACTIVITY OF THE IMMUNE SYSTEM UNDER CONDITIONS OF CHRONIC STRESS

Department of Human Biology and Immunology, Kherson State University, Kherson, Ukraine

E-mail: mhorbenko@ksu.ks.ua

Keywords: *immune system, stress, melatonin, circadian rhythms, phagocytosis*

Introduction. The first reports on melatonin date back to 1958. The American doctor and professor Aaron B. Lerner and his colleagues isolated a hormone from the pineal gland of cattle. At the time, they identified it as a molecule that lightens skin chromatophores [2]. The scientists didn't realise the significance of their discovery and what it would mean for scientific breakthroughs. Although the hormone was discovered in the mid-20th century, its effects on the body are still poorly understood and require further research [4, 6]. Modern endocrinology provides us with a clear understanding that melatonin is not only a sleep-regulating hormone, but also has anti-aging, antioxidant, immunomodulatory and anti-cancer functions [6]. Supporting cellular redox homeostasis and "controlling" the ageing process are other important

functions of melatonin. Increased levels of free radicals and the formation of non-radical oxygen species, with subsequent accumulation in cells, can disrupt cellular redox balance (oxidative stress) [1, 3]. Melatonin is a universal antioxidant that is very popular with athletes [5]. Antioxidant supplements are commonly used by athletes to improve endurance and physical performance, which can be significantly achieved by minimising the detrimental effects of oxidative stress on the body [1]. Stress is a universal trigger that stimulates the onset of disease and contributes to the development of oncological conditions [7]. The aim of this study was to determine the effect of melatonin supplementation on certain indicators of the immune system under conditions of stress exposure.

Materials and methods. Male BALB/c mice aged 4 months and weighing 26-30 g were used in the experiment. Animals were divided into three groups. The first group served as a control (n = 20) and was kept under a 12-hour light: 12-hour dark cycle for 30 days. The second group (n = 20) was kept under continuous light for 30 days. The third group (n = 20) was also kept under continuous light for 30 days, but the animals in this group were given melatonin. This supplement was added to the drinking water at a dose of 0.01 mg per 1 g of body weight. On the fifth, fifteenth and thirtieth days of the experiment, the animals were weighed and euthanised by decapitation under thiopental anaesthesia in the morning (from 10:00 to 12:00). Blood was collected from the decapitation wound and samples were taken from the lymphoid organs (thymus and spleen). To study innate immunity, the number of leukocytes in the blood was determined by standard methods. The Th1-dependent immune response was assessed by the intensity of the delayed-type hypersensitivity reaction, and the Th2-dependent immune response was assessed by the number of antibody-producing cells in the spleen after immunisation with allogeneic erythrocytes. The functional activity of phagocytes was determined by spontaneous and induced nitroblue tetrazolium tests and by phagocytosis of monodisperse polystyrene latex particles [5].

Results and discussion. Comparison of the results of the experiment on the fifth day showed that in the second group (exposed to stress) there was an increase in the total number of leukocytes. There was an increase in neutrophils and a decrease in monocytes. In the group that received melatonin, there was also an increase in the number of leukocytes, especially neutrophils. The level of monocytes was reduced.

On the fifteenth day after exposure to stress, in the second group (stress only), the level of leukocytes was increased compared to the control, specifically due to neutrophils. In the stress group that received melatonin, there was also an increase in leukocytes, but this was due to an increase in monocytes. There was no increase in neutrophils.

At the end of the experiment, the stress group also had increased levels of neutrophils. In the stress group receiving melatonin, the neutrophil level decreased against a background of higher lymphocyte and monocyte levels. On the fifth day of the experiment, the number of antibody-producing colonies was slightly reduced in both the stress and melatonin groups. On the fifteenth day, there was a significant

decrease in the stress group (group 2) compared to the control ($p < 0.05$). On the thirtieth day, the number of antibody-producing colonies continued to decrease in group 2, while it increased in the group receiving melatonin (group 3). On the fifth day, the hypersensitivity activity was reduced in the stress group. In the melatonin group, delayed hypersensitivity activity was also reduced, but to a lesser extent than in the stress group. On the fifteenth day, there was a sharp decrease in delayed hypersensitivity activity in the stress group without melatonin. In the melatonin group, delayed hypersensitivity activity was higher on day 15 compared to the control group. The results in this group (group 3) were particularly remarkable - the hypersensitivity indicators were higher.

The phagocytosis indicators in the stress group and the group receiving melatonin were interesting. On the fifth day of the experiment, phagocytosis activity was higher in groups 2 and 3. On the fifteenth day, the group receiving melatonin showed a significant increase in phagocytic activity. A similar situation was observed at the end of the experiment on the thirtieth day. In contrast, the phagocytic activity of group 2 was similar to that of the control group.

Melatonin plays a crucial role in regulating the response to stress and its effects on the body. During stressful situations, changes occur in the production and function of melatonin, which can have both protective and adaptive effects on the body. Firstly, melatonin has antioxidant properties that can help protect the body's cells from damage caused by stress and oxidative stress. This is particularly important in conditions of increased free radical activity, which often accompany stress.

Secondly, melatonin helps to normalise circadian rhythms and improve sleep quality, which is a key factor in the body's recovery from stressful situations. Regular sleep and the normalisation of circadian rhythms help to reduce the impact of stress on the body and its ability to adapt. Previous research has shown that plant-derived melatonin has anti-tumour activity and is a promising adaptogen. Melatonin can directly influence the hormonal status of the body under stress by helping to regulate cortisol and other stress hormones. This helps the body maintain balance and adapt to stressful conditions.

The results obtained indicate that the administration of melatonin during stress leads to the activation of the immune system. We observed an increase in the number of monocytes, corresponding to increased phagocytic activity. There was also an increase in the number of lymphocytes and consequently in the production of antibodies. Thus, melatonin enhanced humoral immunity, increased the hypersensitivity response and enhanced phagocytosis.

Conclusions. The results of the experiment show that melatonin affects the immune system during stress. Exogenous administration of melatonin under stress conditions induced by continuous illumination affects leukocyte levels. At the end of the experiment, neutrophil levels decreased while lymphocyte and monocyte levels increased.

In addition, the influence of melatonin on the humoral immune response was

observed: the number of antibody-producing colonies in the spleen increased under stress conditions with melatonin administration. The activity of the delayed-type hypersensitivity response also increases under the influence of melatonin during stress. Melatonin affects phagocytic activity under stress. In the middle and at the end of the experiment, phagocytic activity increased in the group receiving melatonin.

References

1. Beschasnyi, S., Hasiuk, O., Shakhman, N., Sheldahayeva, H. (2021). Oxidative stress in athletes after occasional smoking. *Journal of Physical Education and Sport*, 21(2), 942-947. <https://doi.org/10.7752/jpes.2021.02117>.
2. Jibrán, R., A Hunter, D., & P Dijkwel, P. (2013). Hormonal regulation of leaf senescence through integration of developmental and stress signals. *Plant molecular biology*, 82(6), 547–561. <https://doi.org/10.1007/s11103-013-0043-2>.
3. Kruk, J., Aboul-Enein, B.H., & Duchnik, E. (2021). Exercise-induced oxidative stress and melatonin supplementation: current evidence. *The journal of physiological sciences: JPS*, 71(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s12576-021-00812-2>.
4. Reiter, R.J., Mayo, J.C., Tan, D.X., Sainz, R.M., Alatorre-Jimenez, M., & Qin, L. (2016). Melatonin as an antioxidant: under promises but over delivers. *Journal of pineal research*, 61(3), 253–278. <https://doi.org/10.1111/jpi.12360>.
5. Reiter, R.J., Tan, D.X., & Galano, A. (2014). Melatonin: exceeding expectations. *Physiology (Bethesda, Md.)*, 29(5), 325–333. <https://doi.org/10.1152/physiol.00011.2014>.
6. Talib W.H. (2018). Melatonin and Cancer Hallmarks. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(3), 518. <https://doi.org/10.3390/molecules23030518>.
7. Vasey, C., McBride, J., & Penta, K. (2021). Circadian Rhythm Dysregulation and Restoration: The Role of Melatonin. *Nutrients*, 13(10), 3480. <https://doi.org/10.3390/nu13103480>.

**Nataliia Korniienko¹, Alla Kharina², Olha Liutko³, Vadym Poniatovsky⁴,
Oleksandr Linenko³, Ivan Moisa³, Illia Pozhylov², Iryna Budzanivska²,
Halyna Snihur², Olena Andriichuk², Oleksiy Shevchenko²**

BACTERIOPHAGES AS A TOOL FOR THE CONTROL OF *PSEUDOMONAS AERUGINOSA* INFECTIONS IN TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS

¹NEOPROBIOCARE-UKRAINE LLC, Kyiv, Ukraine;

²Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine;

³SI "The Institute of Traumatology and Orthopedics" by NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

⁴Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

E-mail: n.kornienko@npbc.com.ua; kharina@ukr.net; o.liutko@gmail.com;

v.poniatovskyi@gmail.com; allinenko@ukr.net; ivanmoisa7@gmail.com;

illiapozhylov@gmail.com; budzanivskai@knu.ua; halyna.snihur@knu.ua; aom502@ukr.net;

alexshevchenko@ukr.net

Keywords: bacteriophage, *Pseudomonas aeruginosa*, antimicrobial resistance

Introduction. The ongoing full-scale invasion of Ukraine has resulted in a significant increase in the number of victims with serious injuries, such as gunshot wounds, bullet wounds, fractures and mine injuries of various kinds. In the structure of medical and sanitary losses during the war in Ukraine, 57-62% of all injuries are limb injuries and 2.7% are burns, of which 40-43% are soft limb tissue injuries [1].

Wound infections are a major cause of non-combat casualties, as bacteria rapidly colonise open wounds following injury or surgery [2-4]. Recent medical and scientific studies show a change in the types of bacteria that cause these infections and an alarming rate of selection for antibiotic-resistant microorganisms [5, 6]. *Pseudomonas aeruginosa* is one of the most important pathogens and is dangerous to humans due to its high virulence and ability to adapt to environmental conditions, especially the effects of antibacterial drugs [7]. *P. aeruginosa* is commonly found in hospitals and poses a problem for patients with weakened immune systems or chronic wounds, which is of particular importance for Ukraine today.

Today, bacterial infections that are resistant to one or more antibiotics are becoming increasingly common. This has led to a renewed interest in targeted therapy for difficult-to-treat bacterial complications. Phage therapy is currently a promising alternative approach to the treatment of bacterial infections, especially when it comes to microbial consortia and antibiotic resistance. Customised bacteriophage solutions reduce the concentration of bacteria at the site of infection and in some cases successfully destroy bacterial biofilms, making antibiotic treatment of resistant bacteria more effective.

With this in mind, our aim was to isolate resistant strains of *P. aeruginosa* from patients with wound infections and to isolate specific lytic bacteriophages that could be used for treatment.

Materials and methods. Isolation of microorganisms from clinical material was carried out by primary inoculation on differential diagnostic and specialised nutrient media [8]. A number of special, selective and differential diagnostic media were used to identify isolated bacteria: 5% meat extract B agar, sugar broth, Müller-Hinton agar (to determine the sensitivity of microorganisms to antimicrobial drugs), Endo medium, Hiss series, Simmons citrate agar, Kligler iron agar, lysine broth for decarboxylation analysis, arginine broth for dehydrolase analysis, tryptophan broth. After determining the main biochemical (haemolytic, sucrolytic, peptolytic, proteolytic, etc.), cultural, antigenic and morphological characteristics of the isolated microorganisms, their identification was carried out according to Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Antibiotic susceptibility was evaluated using the disc diffusion method (Kirby-Bauer method). The interpretation of susceptibility data obtained was performed according to the limits specified by the European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters" version 13.1 (January, 2023). Wastewater samples were used to isolate bacteriophages from the environment. Water samples were centrifuged at 5000 rpm and the supernatant was filtered through a bacterial filter with a pore diameter of 0.22 µm. The filtrates obtained were tested using the overlay agar method [9]. In this method, the bacterial culture is plated in the upper, less dense layer of agar (tryptone soy agar (TSA) with 0.7% agar content) on plates containing TSA medium with 1.4% agar content. Together with 100 µl of bacterial culture, 500 µl of wastewater filtrate

was added to the top layer of agar. The plates were incubated at 37°C for 16-18 hours. The presence of bacteriophage plaques was observed the next day [10].

Results and Discussion. A total of 39 *Pseudomonas aeruginosa* strains were isolated during our work. These isolates were resistant to ampicillin, cefepime, ceftazidime and trimethoprim in more than 90% of cases (Figure 1). High levels of resistance (88-76%) were also found to piperacin, imipenem, meropenem and aztreonam. About 36% of the isolates studied were susceptible to gentamicin, tobramycin and amikacin.

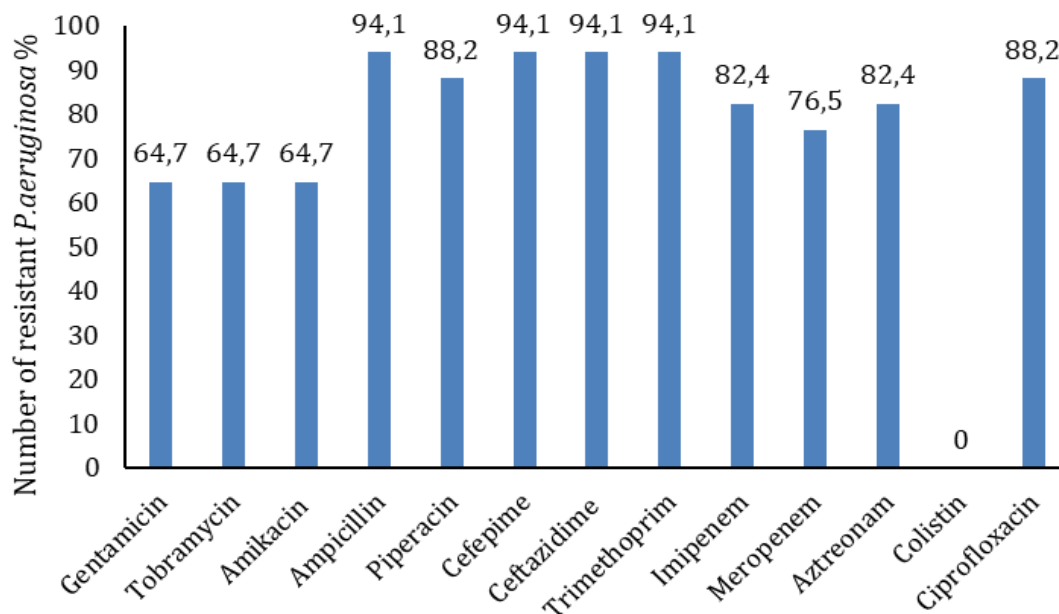


Fig. 1. Antibiotic resistance of *P. aeruginosa* strains

After plating *P. aeruginosa* strains with wastewater samples using the overlay agar method, we detected a number of specific lytic bacteriophages with different plaque morphologies (Fig. 2). Out of 39 bacterial isolates, 32 were partially lysed by bacteriophages in water samples. Individual plaques were picked from the plates for subsequent purification and concentration. All isolated phages showed high lytic activity *in vitro*, making them potentially promising agents for the treatment of patients with *P. aeruginosa* wound infections.

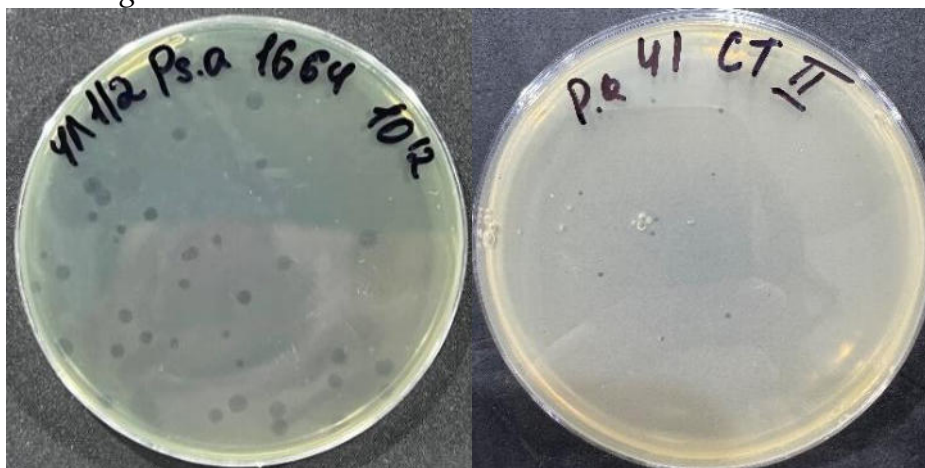


Fig. 2. Different types of phage plaques on *P. aeruginosa* plates

Conclusions. In this work, we have isolated a number of phages specific for resistant *P. aeruginosa* that showed lytic activity *in vitro*. In the future, such bacteriophage dilutions in physiological buffers (e.g. NaCl 0.9%) can be applied directly to wounds or, in some cases, orally or through catheters, but prior detailed characterisation is required.

Acknowledgements. This research has been funded by the National Research Foundation of Ukraine (Grant No. 2022.01/0065 'Bacteriophages as biological agents for the control of bacterial complications in victims of gunshot and mine-explosive injuries').

References

1. Khomenko, I.P., Korol, S.O., Khalik, S.V., Shapovalov, V.Y., Yenin, R.V., Herasimenko, O.S., & Tertyshnyi, S.V. (2021). Clinical and Epidemiological analysis of the structure of combat surgical injury during Antiterrorist operation / Joint Forces Operation. *Ukrainian Journal of Military Medicine*, 2(2), 5-13. [https://doi.org/10.46847/ujmm.2021.2\(2\)-005](https://doi.org/10.46847/ujmm.2021.2(2)-005).
2. Roy, S., Elgharably, H., Sinha, M., Ganesh, K., Chaney, S., Mann, E., Miller, C., Khanna, S., Bergdall, V.K., Powell, H.M., Cook, C.H., Gordillo, G.M., Wozniak, D.J., & Sen, C.K. (2014). Mixed-species biofilm compromises wound healing by disrupting epidermal barrier function. *The Journal of pathology*, 233(4), 331–343. <https://doi.org/10.1002/path.4360>.
3. Roy, S., Santra, S., Das, A., Dixith, S., Sinha, M., Ghatak, S., Ghosh, N., Banerjee, P., Khanna, S., Mathew-Steiner, S., Ghatak, P.D., Blackstone, B.N., Powell, H.M., Bergdall, V.K., Wozniak, D.J., & Sen, C.K. (2020). *Staphylococcus aureus* Biofilm Infection Compromises Wound Healing by Causing Deficiencies in Granulation Tissue Collagen. *Annals of surgery*, 271(6), 1174–1185. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000003053>.
4. Chaney, S. B., Ganesh, K., Mathew-Steiner, S., Stromberg, P., Roy, S., Sen, C. K., & Wozniak, D. J. (2017). Histopathological comparisons of *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* experimental infected porcine burn wounds. *Wound repair and regeneration: official publication of the Wound Healing Society [and] the European Tissue Repair Society*, 25(3), 541-549. <https://doi.org/10.1111/wrr.12527>.
5. Klyackiy, Y.P., Tribyshnoy, O.V., Tryfanov, I.I., & Kosilo, V.V. (2022). Treatment of purulous-inflammatory complications of bullet and mine explosive injuries of extremities. *Modern Medical Technology*, (3), 60-65. [https://doi.org/10.34287/MMT.3\(54\).2022.11](https://doi.org/10.34287/MMT.3(54).2022.11).
6. Sandar, W.P., Saw, S., Kumar, A.M.V., Camara, B.S., & Sein, M.M. (2021). Wounds, Antimicrobial Resistance and Challenges of Implementing a Surveillance System in Myanmar: A Mixed-Methods Study. *Tropical medicine and infectious disease*, 6(2), 80. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed6020080>.
7. Pliska N. N. (2020). *Pseudomonas Aeruginosa* as the Main Causative Agent of Osteomyelitis and its Susceptibility to Antibiotics. *Drug research*, 70(6), 280–285. <https://doi.org/10.1055/a-1150-2372>.
8. *Basic laboratory procedures in clinical bacteriology*, 2nd ed. <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9241545453>.
9. Korniienko, N., Kharina, A., Zrelavs, N., Jindřichová, B., Moravec, T., Budzanivska, I., Burketová, L., & Kalachova, T. (2022). Isolation and Characterization of Two Lytic Phages Efficient Against Phytopathogenic Bacteria From *Pseudomonas* and *Xanthomonas* Genera. *Frontiers in microbiology*, 13, 853593. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.853593>.
10. Korniienko, N., Burba, P., Poniatovskiy, V., Bondarenko, O., Zaychenko, O., Liutko, O., & Kharina, A. (2022). New bacteriophage of multidrug resistant strain of *Pseudomonas aeruginosa*. *Вісник Київського Національного Університету Імені Тараса Шевченка. Біологія*, 91(4), 15-18. <https://doi.org/10.17721/1728.2748.2022.91.15-18>.

Yulia Lytvynenko¹, Tetiana Krupodorova²

EFFECT OF CULTURE MEDIUM OF THE CULTURAL AND MORPHOLOGICAL,
GROWTH OF *IODOPHANUS CARNEUS* AS POTENTIAL
BIOTECHNOLOGICAL FUNGUS

¹Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, 40002 Sumy, Ukraine;

²Institute of Food Biotechnology and Genomics, National Academy of Sciences of Ukraine,
04123 Kyiv, Ukraine

E-mail: lytvynenko@sspu.edu.ua; krupodorova@gmail.com

Keywords: *Pezizales, solid media, morphological features, growth*

Introduction. The unique biological and biosynthetic properties of higher fungi make them widely used in modern biotechnology, pharmacology and biomedicine. Over the past two decades, science has been enriched with new information that complements and details the chemical composition of individual components of the fungal cell. The view of the importance and role of high-molecular polysaccharide compounds of fungi has changed, and information about biologically active low-molecular substances of fungi has expanded [3].

In Ukraine, research on biotechnologically important fungal species in culture is focused mainly on edible and medicinal macrofungi or macromycetes, mainly members of Basidiomycota, and less on Ascomycota [1, 2, 5, 9]. Meanwhile, studies of coprophilous ascomycetes, most of which are predominantly micromycetes, are of particular interest in this field.

In 2023, F.J.S. Calaçã and co-authors published the results of the analysis of scientific publications on coprophilous fungi for the period 1901-2020, using data from the Web of Science and Scopus scientometric databases [4]. A total of 661 scientific sources were selected, the temporal distribution of which shows a rapid increase in the number of such publications since the 1970s, indicating the growing interest of scientists in this group of fungi. More than half of the scientific production is concentrated in Europe (UK, France, Italy, Spain, Germany, Netherlands), Asia (China, India), North America (USA) and South America (Brazil). The majority of publications are ecological, taxonomic or palaeontological. Meanwhile, since the 1990s, there has been an increase in the number of articles related to secondary metabolite screening and other biotechnological aspects involving coprophilous fungi. Of the more than 80 taxa mentioned in these papers, 82.5% belong to the Ascomycota, only 8.7% to the Basidiomycota and 6.2% to the Mucoromycota, and 2.5% were not identified.

Today, coprophilous ascomycetes are a promising source of secondary metabolites with potential practical applications. Limited substrate resources, ephemeral nutrient reserves and competition for resources result in high synthetic activity of these fungi. Biotechnological interest in them is also driven by relatively simple procedures for their isolation and maintenance of pure cultures. All of this provides the basis for active research into coprophilous ascomycetes - potential

producers of new substances with high biological activity.

In the above-mentioned article, F.J.S. Calaça et al. [4] noted that most studies of coprophilous fungi in culture are aimed at screening for secondary metabolites, especially those with antimicrobial activity. Also relevant are studies aimed at selecting enzyme complexes with the potential to be used in the biodegradation of plant wastes, bioethanol production or enzymes with therapeutic effects. Today, 30 species of coprophilous ascomycetes are associated with the development and production of antimicrobial drugs and/or antimicrobial activity, and 25 species are associated with the production of enzymes and/or are involved in studies of fungal enzymatic activity.

Thus, in the last 30-40 years the applied potential of coprophilous ascomycetes has been revealed, including their introduction into culture, preservation in collections, and cultural, morphological and other experimental studies.

Iodophanus carneus – is one of the most common species of coprophilous fungi in the world and in Ukraine. Its fruiting bodies (apothecia) can be easily obtained in the laboratory by germination in wet chambers of animal faeces. This makes it an accessible object for introduction into culture. To date, cultures of *I. carneus* are being investigated as promising sources for the production and isolation of natural dyes on a commercial scale. For example, L.R.G. Valadon et al. [7] indicate the presence of at least 11 carotenoids specific to the mycelium of *I. carneus*. The most abundant of these are γ -carotene derivatives – neurosporaxanthin (33%) and esters (47%). To the best of our knowledge, there are no data in the literature on other studies of biologically active compounds in cultures of this fungus.

In order to develop methods for obtaining effective biologically active substances from fungi, one of the main steps is to isolate highly productive strains, determine their growth and maintenance capabilities in culture media of different compositions, and study their cultural and morphological characteristics. The aim of this study was to isolate *Iodophanus carneus* and to study its morphology and growth characteristics on solid media of different compositions.

Materials and methods. Two strains, Icar02 and Icar04, were obtained by the wet chamber method and introduced into culture. The isolation of mycelial cultures and the study of the morphological and growth characteristics of the *Iodophanus carneus* strains were carried out on different solid agar media (g/L):

–potato-glucose-yeast agar (PGYA) (pH 6,5-6,6): potato – 200; glucose – 20; yeast extract – 2; agar – 20;

–corn agar (CA) (pH 7,2-7,3): corn flour – 20; peptone – 20; glucose – 20; agar – 20;

–glucose-peptone-yeast extract agar (GPYA) (pH 6,6): glucose – 25, peptone – 3, yeast extract – 2, K_2HPO_4 – 1, KH_2PO_4 – 1, $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,25, agar – 20;

–Sabouraud agar (SDA) (pH 5,7-5,8): dextrose – 40; peptone – 10; agar – 20.

The cultural and morphological characteristics of the mycelial colonies were described according to Stalper's scale [6].

Experiments were performed in five replicates using the statistical functions of Excel using Microsoft Office XP, program 11.5 version (SPSS, Inc., 2002). Values are presented as mean \pm standard error of the mean (SEM). Differences were considered significant at $P \leq 0.05$.

Results and Discussion. To the best of our knowledge, pure cultures of the coprophilous fungus *Iodophanus carneus* (strains Icar02 and Icar04) have been obtained for the first time in Ukraine. Our study focused on the effect of solid (agar) medium on the morphology and growth of colonies.

The morphological characteristics of their colonies on different solid media were studied and a certain dependence of the morphology on the selected nutrient media was established. CA and PGYA media promoted the formation of the densest woolly colonies with well-developed aerial mycelium for both strains. Sparse spider web-like colonies with poorly developed aerial mycelium were formed on GPDA medium. The greatest variability in colony surface morphology was observed on SDA medium, where two types of colonies were observed: pellicular, with weakly expressed aerial mycelium, and pellicular-felted, with developed aerial hyphae.

Colonies Icar02 and Icar04 on all media examined had a depressed rim that reached the edge of the dish. On most media the edge of the colonies was smooth. Only on PGYA medium Icar02 did the colonies form an uneven wavy edge that flattened out at the edge of the dish. On most media, wrinkles were observed on the entire surface of the colonies or only along the edge of the colony. Colonies with a smooth surface were only observed on medium containing GPYA for strain Icar02, which was noted for all replicates. Colonies of the strains tested did not change the colour of the reversum on any of the media tested. The appearance of exudate was observed on day 5-7 in all replicates on PGYA medium and in some replicates on SDA medium.

Comparative analysis of both strains showed that the most similar features of colony morphology were obtained on SA and PGYA media, where the formation of dense woolly and woolly hairy mycelial colonies with pronounced aerial mycelium was observed. The colony morphology of both strains was different on PGDA and SDA media.

One of the most important biotechnological characteristics of any culture is its growth rate. For future results we selected Icar02 and its growth as a significant potential biotechnological characteristic of the culture was analysed. The ability of *I. carneus* to grow on all the culture media investigated was found. The average growth rate did not differ significantly, ranging from 7.5 to 8.2 mm/day depending on the medium, which may be due to the presence of glucose in all media. However, the GPYA medium was found to be the best for growing and maintaining *I. carneus* in culture. According to the results of the determination of the radial growth rate of the fungal mycelium in accordance with the life strategies of mycelial fungi [8], the studied strain Icar02 can be attributed to a culture with a medium growth rate.

Conclusions. Based on the results of the research, pure cultures of the coprophilous fungus *I. carneus* (strains Icar02 and Icar04) were obtained for the first time in Ukraine. A certain influence of the studied media on the cultural and morphological characteristics of the fungal growth was revealed. The most variable features of the morphology of colonies of both strains, depending on the medium, are the type, density, surface of the colony, the presence or absence of exudate, more or less constant are the edge and colour of the colony, and the change in the colour of the back. In general, the dominance of the pelliculary-felt type of mycelial colonies of pale orange colour with a smooth pressed edge, absence of exudate and colour change of the reverse zone was noted. It was found that the GPYA medium was the best for its cultivation and maintenance in culture. The strain selected was Icar02, which showed the ability to grow on all solid media with an average growth rate of 7.5-8.2 mm/day, depending on the medium used. Further studies on the biological activity of *I. carneus* in culture are needed, in particular the study of *I. carneus* strains as promising producers of carotenoids; study of antibacterial and antifungal activities in the obtained strains.

References

1. Atamanchuk, A., Bisko, N., & Al-Maali, G. (2024). Antagonistic activity of wood-inhabiting *Xylaria* species against other fungi in dual culture experiments. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 14(1), e9529. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.9529>.
2. Atamanchuk, A.R., & Bisko, N.A. (2022). Cultural and morphological characteristics of wood-inhabiting *Xylaria* species from Ukraine. *Plant & Fungal Research*, 5(2), 11–19. <https://doi.org/10.30546/2664-5297.2022.2.11>.
3. Bhambri, A., Srivastava, M., Mahale, V. G., Mahale, S., & Karn, S. K. (2022). Mushrooms as Potential Sources of Active Metabolites and Medicines. *Frontiers in microbiology*, 13, 837266. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.837266>.
4. Calaça, F.J.S., Araújo, J.C., Silva-Neto, C.M., & Xavier-Santos, S. (2023). Overview of the global research on dung-inhabiting fungi: trends, gaps, and biases. *Current Research in Environmental & Applied Mycology (Journal of Fungal Biology)*, 13(1), 277–298. <https://doi.org/10.5943/cream/13/1/12>.
5. Krupodorova, T., Barshteyn, V., Zabeida, E., & Pokas, E. (2016). Antibacterial activity of macromycetes mycelia and culture liquid. *Microbiology and Biotechnology Letters*, 3, 246–253. <https://doi.org/10.4014/mbl.1603.03003>.
6. Stalpers, J.A. (1978). Identification of wood-inhabiting *Aphylophorales* in pure culture. *Studies in Mycology*, 16, 248.
7. Valadon, L.R.G., Mummery, R.S., van Eijk, G.W., Roeymans, H.J., & Britton, G. (1980). Taxonomic implications of the carotenoids of *Iodophanus carneus*. *Transactions of The British Mycological Society*, 74(1), 187–190. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(80\)80024-6](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(80)80024-6).
8. Ломберг, М.Л. (2005). Лікарські макроміцети у поверхневій та глибинній культурі: автореф. дис. канд. біол. н. Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України.
9. Михайлова, О.Б., & Бухало, А.С. (2006). Фізіологічні особливості представників родини Morchaellaceae (*Ascomycetes*) у чистій культурі. *Український ботанічний журнал*, 63(5), 635–644.

Tetiana Tiupova¹, Halina Tkaczenko¹, Urszula Osmólska², Oleksandr Lukash³,
Natalia Kurhaluk¹

**BLOOD BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS IN PATIENTS WITH TYPE 2
DIABETES MELLITUS AFTER *IN VITRO* INCUBATION WITH GREATER
CELANDINE (*CHELIDONIUM MAJUS* L.) EXTRACTS**

¹*Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Poland;*

²*Institute of Health Sciences, Pomeranian University in Słupsk, Poland;*

³*Department of Ecology, Geography and Nature Management, T. H. Shevchenko National
University "Chernihiv Collegium", Chernihiv, Ukraine*

E-mail: ttyupova@gmail.com, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

Keywords: *type 2 diabetes mellitus (T2DM), Greater celandine (Chelidonium majus L.), protein oxidative modification (OMP), blood samples*

Introduction. Type 2 diabetes mellitus (T2DM) is a significant global health problem characterised by insulin resistance and impaired glucose regulation [4, 5]. Oxidative stress, caused by an imbalance between the production of reactive oxygen species (ROS) and the body's antioxidant defences, plays a key role in the development and progression of T2DM complications [2, 7]. Herbal medicines, rich in various phytochemicals, have gained attention for their potential therapeutic benefits in the management of T2DM and its associated complications [3, 11]. Among these, greater celandine (*Chelidonium majus* L.), known for its antioxidant properties and traditional use in folk medicine, has emerged as a promising candidate [9, 12]. Evaluation of blood protein oxidation biomarkers provides a useful method to assess oxidative stress levels and the efficacy of antioxidant interventions in T2DM management [1]. *In vitro* incubation studies provide a controlled setting to explore the interactions between herbal extracts and biological systems, shedding light on their potential mechanisms of action [6, 10].

In this study, we investigate the changes in blood protein oxidation biomarkers (aldehyde and ketone derivatives of oxidatively modified proteins) in T2DM patients following *in vitro* incubation with GC root and stem extracts. By analysing changes in oxidative stress parameters, such as protein carbonylation, we aim to understand the effects of GC on redox homeostasis in the context of T2DM. Insights gained from this research could inform future clinical interventions and contribute to the development of novel adjunctive therapies for individuals with T2DM, ultimately improving their health outcomes and quality of life.

Materials and methods. The plant material was collected from natural habitats within the South Park in Słupsk (54°28'08.5"N, 17°02'56.0"E), located in the Pomeranian province of northern Poland. This area has been developed for recreational purposes and offers facilities such as a guarded swimming area, a permanent fireplace, benches, litter bins, a camping area, facilities for physical activities, an access road and a car park. The roots and stems collected were taken to

the laboratory for biochemical analysis. After being thoroughly washed, the plant samples were weighed, crushed and homogenised in 0.1M phosphate buffer (pH 7.4) at room temperature, using a weight/volume ratio of 1:19. The resulting extracts were filtered and stored at -25°C until further analysis.

The study included eight patients with T2DM, aged 45-79 years, recruited from the U & O Zdrowie - Home-based Long-Term Care non-public health care centre in Łębork, Poland. A detailed medical history was taken for each participant, followed by a physical examination. The study was approved by the Research Ethics Committee of the Regional Medical Commission in Gdańsk, Poland (approval numbers KB-31/18 and KB-21/19). All participants gave written informed consent before the start of the study procedures. Eligibility criteria for the study included a confirmed diagnosis of T2DM and the absence of other conditions that could affect the parameters under investigation. Conditions such as haemolytic anaemia, haemoglobin variants, liver disease and infectious diseases such as tuberculosis and sarcoidosis were grounds for exclusion from the study.

Blood samples were preincubated with 4 mM phosphate buffer (pH 7.4) as a control and with GC stem and root extracts at a final concentration of 5 mg/ml at 37°C for 60 minutes. During incubation at 37°C, the reaction mixture was gently shaken at regular intervals. After incubation, the levels of aldehyde and ketone derivatives of oxidatively modified proteins in the samples were assessed. A 4 mM phosphate buffer (pH 7.4) was used as a positive control.

To assess the protective effect of GC root and stem extracts, collected from urban and rural areas, against free radical-induced protein damage in blood samples, the content of carbonyl derivatives from protein oxidative modification (OMP) was measured. This was done by spectrophotometric analysis of aldehyde and ketone derivatives in blood. The rate of protein oxidative modification was determined by reacting the resulting carbonyl derivatives with 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNFH) according to the method described by Levine et al. (1990) with some modifications. DNFH was used to quantify the carbonyl groups in both soluble and insoluble proteins and the levels were measured spectrophotometrically by evaluating the difference in absorbance at 370 nm and 430 nm, corresponding to aldehyde and ketone derivatives.

Results are expressed as mean \pm S.E.M. Statistical analysis was performed using the STATISTICA 13.3 software package (TIBCO Software Inc., USA). The Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors tests ($p > 0.05$) were used to test all variables for normal distribution. The significance of differences in oxidative stress biomarkers ($p < 0.05$) was assessed using the Mann-Whitney *U* test. All statistical analyses were performed on individual data sets for each participant.

Results. Analysis of the results for protein oxidation levels showed a statistically significant increase in the concentration of aldehyde derivatives of oxidatively modified proteins (OMP) after incubation of blood samples with extracts (at a final dose of 5 mg/ml) from both roots (17.15 ± 1.01 nmol/mL) and stems (16.98 ± 1.27

nmol/mL) compared to control samples (14.25 ± 1.15 nmol/mL). This increase was 20.4% ($p < 0.05$) and 19.2% ($p < 0.05$) respectively. In addition, a significant increase in ketone derivatives of OMP was observed after *in vitro* incubation of blood samples with extracts (at a final dose of 5 mg/ml) from both the roots and stems of GC compared to control samples (22.68 ± 1.58 nmol/mL *vs.* 18.56 ± 1.5 nmol/mL for stem extracts; 23.25 ± 1.44 nmol/mL *vs.* 18.56 ± 1.5 nmol/mL for root extracts). The increase was 22.2% ($p < 0.05$) for stem extracts and 25.3% ($p < 0.05$) for root extracts.

Conclusions. In conclusion, the study of blood protein oxidation biomarkers in patients with T2DM following *in vitro* incubation with GC root and stem extracts (at a final concentration of 5 mg/ml) revealed an increase in the levels of aldehyde and ketone derivatives of oxidatively modified proteins. These findings suggest that GC may play a role in modulating oxidative stress levels in T2DM. The observed modulation of blood protein oxidation biomarkers by GC extracts suggests a potential therapeutic avenue for the management of oxidative stress-related complications in individuals with T2DM. Further research is needed to elucidate the mechanisms underlying the effects of GC extracts on these biomarkers, and clinical trials are required to validate these findings and assess the potential of GC as a therapeutic agent for the management of T2DM.

Acknowledgements. This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education (Poland). This study was carried out as part of the project "Greater Celandine (*Chelidonium majus* L.) as a source of bioactive substances for pharmaceutical use" (Student Science Associations Create Innovations programme, 2023-2024).

References

1. Bigagli, E., & Lodovici, M. (2019). Circulating Oxidative Stress Biomarkers in Clinical Studies on Type 2 Diabetes and Its Complications. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2019, 5953685. <https://doi.org/10.1155/2019/5953685>
2. Caturano, A., D'Angelo, M., Mormone, A., Russo, V., Mollica, M. P., Salvatore, T., Galiero, R., Rinaldi, L., Vetrano, E., Marfella, R., Monda, M., Giordano, A., & Sasso, F. C. (2023). Oxidative Stress in Type 2 Diabetes: Impacts from Pathogenesis to Lifestyle Modifications. *Current issues in molecular biology*, 45(8), 6651–6666. <https://doi.org/10.3390/cimb45080420>.
3. Chang, C. L., Lin, Y., Bartolome, A. P., Chen, Y. C., Chiu, S. C., & Yang, W. C. (2013). Herbal therapies for type 2 diabetes mellitus: chemistry, biology, and potential application of selected plants and compounds. *Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM*, 2013, 378657. <https://doi.org/10.1155/2013/378657>.
4. DeFronzo, R. A., Ferrannini, E., Groop, L., Henry, R. R., Herman, W. H., Holst, J. J., Hu, F. B., Kahn, C. R., Raz, I., Shulman, G. I., Simonson, D. C., Testa, M. A., & Weiss, R. (2015). Type 2 diabetes mellitus. *Nature reviews. Disease primers*, 1, 15019. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.19>.
5. Galicia-Garcia, U., Benito-Vicente, A., Jebari, S., Larrea-Sebal, A., Siddiqi, H., Uribe, K. B., Ostolaza, H., & Martín, C. (2020). Pathophysiology of Type 2 Diabetes Mellitus. *International journal of molecular sciences*, 21(17), 6275. <https://doi.org/10.3390/ijms21176275>.
6. Hossain, S., Yousaf, M., Liu, Y., Chang, D., & Zhou, X. (2022). An Overview of the Evidence and Mechanism of Drug-Herb Interactions Between Propolis and Pharmaceutical Drugs. *Frontiers in pharmacology*, 13, 876183. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.876183>
7. Krawczyk, M., Burzynska-Pedziwiatr, I., Wozniak, L. A., & Bukowiecka-Matusiak, M. (2023). Impact of Polyphenols on Inflammatory and Oxidative Stress Factors in Diabetes Mellitus:

- Nutritional Antioxidants and Their Application in Improving Antidiabetic Therapy. *Biomolecules*, 13(9), 1402. <https://doi.org/10.3390/biom13091402>.
8. Levine, R. L., Garland, D., Oliver, C. N., Amici, A., Climent, I., Lenz, A. G., Ahn, B. W., Shaltiel, S., & Stadtman, E. R. (1990). Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods in enzymology*, 186, 464–478. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(90\)86141-h](https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86141-h).
 9. Nawrot, J., Wilk-Jędrusik, M., Nawrot, S., Nawrot, K., Wilk, B., Dawid-Paó, R., Urbańska, M., Micek, I., Nowak, G., & Gornowicz-Porowska, J. (2020). Milky Sap of Greater Celandine (*Chelidonium majus* L.) and Anti-Viral Properties. *International journal of environmental research and public health*, 17(5), 1540. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051540>.
 10. Rombolà, L., Scuteri, D., Marilisa, S., Watanabe, C., Morrone, L. A., Bagetta, G., & Corasaniti, M. T. (2020). Pharmacokinetic Interactions between Herbal Medicines and Drugs: Their Mechanisms and Clinical Relevance. *Life (Basel, Switzerland)*, 10(7), 106. <https://doi.org/10.3390/life10070106>.
 11. Unuofin, J. O., & Lebelo, S. L. (2020). Antioxidant Effects and Mechanisms of Medicinal Plants and Their Bioactive Compounds for the Prevention and Treatment of Type 2 Diabetes: An Updated Review. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2020, 1356893. <https://doi.org/10.1155/2020/1356893>.
 12. Zielińska, S., Jezierska-Domaradzka, A., Wójciak-Kosior, M., Sowa, I., Junka, A., & Matkowski, A. M. (2018). Greater Celandine's Ups and Downs-21 Centuries of Medicinal Uses of *Chelidonium majus* From the Viewpoint of Today's Pharmacology. *Frontiers in pharmacology*, 9, 299. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00299>.

**Halina Tkaczenko¹, Lyudmyla Buyun², Igor Kharchenko², Lyudmyla Kovalska²,
Maryna Opryshko², Myroslava Maryniuk², Oleksandr Gyrenko², Natalia Kurhaluk¹**
ANTIOXIDANT ACTIVITY OF EXTRACTS FROM CAMELLIA JAPONICA L.

¹*Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, 76-200 Słupsk, Poland;*

²*M.M. Gryshko National Botanic Garden, National Academy of Sciences of Ukraine, 01014
Kyiv, Ukraine*

E-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl; orchids.lyuda@gmail.com; natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

Keywords: *Camellia japonica* L., antioxidant activity, phenolic compounds, free-radical scavenging, bioactive compounds, health benefits

Camellia japonica L., commonly known as the Japanese camellia, is a well-known ornamental plant native to East Asia, prized not only for its aesthetic beauty but also for its many medicinal properties [14]. In recent years, increasing attention has been paid to the potential health benefits of *C. japonica*, particularly its antioxidant activity [17, 23]. The plant is rich in bioactive compounds, including phenolic acids, flavonoids, terpenoids and essential fatty acids, which are known to play a crucial role in neutralising harmful free radicals and protecting cells from oxidative stress [12].

Oxidative stress, caused by an imbalance between the production of reactive oxygen species (ROS) and the body's ability to counteract their harmful effects, has been implicated in the development of several chronic diseases such as cancer, cardiovascular disease and neurodegenerative disorders. Antioxidants are essential in mitigating this damage and natural sources of antioxidants are increasingly being explored for their therapeutic potential [10, 18].

Previous studies have shown that extracts of *C. japonica* have significant antioxidant properties, with variations in activity depending on the part of the plant used (leaves, flowers, seeds) and the extraction method [15, 16]. For example, young leaves have been shown to have higher antioxidant activity than mature leaves, probably due to the higher concentration of phenolic compounds [13]. The extraction solvent also plays a critical role, with methanolic and acetonetic extracts often yielding the strongest antioxidant activity [14-16].

Although *C. japonica* is widely known as an ornamental plant, its health-promoting properties and potential as a source of bioactive compounds have received comparatively little attention. Historically, the first documented medicinal use of *C. japonica* dates back to 1613, when Heo Jun, a doctor of oriental medicine, reported the therapeutic use of its seeds and flowers [19]. Due to its production of bioactive compounds such as triterpenes, flavonoids and essential fatty acids, *C. japonica* is now recognised as a valuable medicinal plant [11]. Products derived from *C. japonica* have been shown to possess numerous pharmacological properties, including roles as gastrointestinal modulators, anticancer, antimicrobial, antioxidant, neuroprotective, hypolipidemic, anti-obesity, and anti-inflammatory agents [7]. Various matrices derived from *C. japonica*, including seeds and their oil, flowers, fruits, and leaves, have been extensively studied as rich sources of these bioactive compounds [5].

The wide variety of *C. japonica* cultivars makes the study of its chemical composition quite complex. In general, its major constituents include phenolic compounds, terpenoids, fatty acids, and a number of minor compounds such as pigments and biosugars [12]. These compounds are biosynthesised as a result of the plant's secondary metabolism, which plays a crucial role in its adaptive and defensive responses to environmental stressors [6]. The concentration of bioactive compounds in *C. japonica* is strongly influenced by various edaphic and climatic factors such as geographical location, climatic conditions, soil quality, seasonal changes and exposure to environmental stresses such as drought, heavy rainfall or excessive ultraviolet light [1, 21]. In addition, different chemical constituents are found in specific organs and tissues, reflecting the complexity of the phytochemical profile of this species.

Camellia species are widely recognised as a natural source of antioxidant compounds, the levels of which are influenced by various factors such as cultivar and environmental conditions. This antioxidant activity is largely attributed to the high levels of phenolic compounds present in their tissues. For example, studies measuring total phenolic content have reported values as high as 21.75 mg/g [8]. The antioxidant potential of *Camellia* spp. has been linked to their ability to scavenge free radicals. In particular, young leaves of *C. japonica* showed stronger antioxidant activities compared to mature leaves, especially in neutralising reactive oxygen species such as hydrogen peroxide and hydroxyl radicals [13]. The effectiveness of solvents in extracting antioxidant compounds from leaves also plays a significant role, with methanolic and acetonetic extracts showing the highest antioxidant activities as measured by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging method.

The inhibitory concentration 50 (IC₅₀) values ranged from 246.56 µg/mL for methanolic extracts to 320.17 µg/mL for acetonetic extracts, while the IC₅₀ values obtained using the β-carotene-linoleic acid assay were 258.19 µg/mL and 396.88 µg/mL, respectively [22].

In addition to the leaves, the flowers of *C. japonica* also exhibit significant antioxidant properties. Extracts from these flowers have demonstrated DPPH and ROS scavenging activity in human HaCaT keratinocytes (immortalised human skin cells) and have been shown to increase the expression of key cellular antioxidant enzymes such as superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase [17]. High levels of antioxidants are known to protect against free radical damage, which has been linked to the development of cancer. In this context, petals from different *C. japonica* cultivars exhibited maximum IC₅₀ values (measured using DPPH) of 3.8 µg/mL in pink cultivars and 43.1 µg/mL in white cultivars, illustrating a clear relationship between antioxidant activity and phenolic content [9]. Similarly, *C. japonica* oil was found to have antioxidant activity comparable to that of gallic acid and α-tocopherol [4]. These antioxidant properties have led to the cosmetic application of camellias for their anti-aging and anti-pollution benefits. However, the complexity of antioxidant mechanisms highlights the need for diverse methodologies to fully evaluate the total antioxidant capacity of *Camellia* extracts, including *in vivo* studies.

Our previous study of the antioxidant and antibacterial activity of extracts from *C. japonica* highlights the significant potential of the plant as a natural source of antioxidants. The results showed that different parts of *C. japonica* exhibited different levels of antioxidant activity, which is largely influenced by their phenolic content and the extraction method used [2, 3, 20]. In particular, many studies have highlighted the importance of solvent selection in maximising the extraction of bioactive compounds [14-16]. The strong antioxidant properties observed in *C. japonica* extracts suggest their promising application in health-related fields, particularly in the prevention of oxidative stress-related diseases such as cancer, cardiovascular disorders and neurodegenerative diseases. In addition, the plant's potential use in the cosmetic industry, particularly in anti-aging and skin protection formulations, is noteworthy given its ability to combat reactive oxygen species.

Overall, *C. japonica* represents a valuable medicinal plant with multiple therapeutic and commercial applications. Future research should focus on further exploring the bioactive mechanisms of its antioxidant compounds, including *in vivo* studies, to fully understand their health benefits and potential for use in natural therapies and products.

References

1. Abe, H., Miura, H., & Motonaga, Y. (2020). Quantitative classification of *Camellia japonica* and *Camellia rusticana* (Theaceae) based on leaf and flower morphology. *Plant diversity*, 43(3), 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2020.12.009>.

2. Buyun, L., Kharchenko, I., Maryniuk, M., Tkachenko, H., & Osadowski, Z. (2019). Oxidatively modified proteins level in the muscle tissue of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) as a biomarker of antioxidant properties of leaf extracts of *Camellia japonica* L. cultivars (Theaceae D. Don). *Scientific and technical bulletin of Institute of Animal Husbandry, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*, 122, 4-17. <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2019-122-4-17>.
3. Buyun, L., Tkachenko, H., Kurhaluk, N., Kharchenko, I., Maryniuk, M., Opryshko, O., Gyrenko, O., & Góralczyk, A. (2021). Antimicrobial efficacy of ethanolic extracts obtained from leaves of *Camellia japonica* L. cultivars against *Escherichia coli* strain. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health, and Life Quality*, 5(1), 95-105. <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2021.0010>.
4. Choi, M.-H., Min, M.-J., Oh, D.-S., & Shin, H.-J. (2013). Antimicrobial and antioxidant activity of *Camellia japonica* extracts for cosmetic applications. *KSBB Journal*, 28(2), 99–105. <https://doi.org/10.7841/ksbbj.2013.28.2.99>.
5. Garcia-Jares, C., Sanchez-Nande, M., Lamas, J. P., & Lores, M. (2017). Profiling the Fatty Acids Content of Ornamental *Camellia* Seeds Cultivated in Galicia by an Optimized Matrix Solid-Phase Dispersion Extraction. *Bioengineering (Basel, Switzerland)*, 4(4), 87. <https://doi.org/10.3390/bioengineering4040087>.
6. García-Pérez, P., Miras-Moreno, B., Lucini, L., & Gallego, P. P. (2021). The metabolomics reveals intraspecies variability of bioactive compounds in elicited suspension cell cultures of three *Bryophyllum* species. *Industrial Crops and Products*, 163, 113322. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113322>.
7. Guo, N., Tong, T., Ren, N., Tu, Y., & Li, B. (2018). Saponins from seeds of Genus *Camellia*: Phytochemistry and bioactivity. *Phytochemistry*, 149, 42–55. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2018.02.002>.
8. Jeong, C.H., Kim, J.H., Choi, G.N., Kwak, J.H., Kim, D.O., & Heo, H.J. (2010). Protective effects of extract with phenolics from camellia (*Camellia japonica*) leaf against oxidative stress-induced neurotoxicity. *Food Science and Biotechnology*, 19(5), 1347–1353. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0192-x>.
9. Kanth B.K., Lee K.Y., & Lee G.J. (2014). Antioxidant and radical-scavenging activities of petal extracts of *Camellia japonica* ecotypes. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 55(4), 335–341. <https://doi.org/10.1007/s13580-014-0024-7>.
10. Kong, J., Fan, R., Zhang, Y., Jia, Z., Zhang, J., Pan, H., & Wang, Q. (2024). Oxidative stress in the brain-lung crosstalk: cellular and molecular perspectives. *Frontiers in aging neuroscience*, 16, 1389454. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2024.1389454>.
11. Majumder, S., Ghosh, A., & Bhattacharya, M. (2020). Natural anti-inflammatory terpenoids in *Camellia japonica* leaf and probable biosynthesis pathways of the metabolome. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00397-7>.
12. Meng, X. H., Li, N., Zhu, H. T., Wang, D., Yang, C. R., & Zhang, Y. J. (2019). Plant Resources, Chemical Constituents, and Bioactivities of Tea Plants from the Genus *Camellia* Section *Thea*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67(19), 5318–5349. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b05037>.
13. Mizutani, T., & Masaki, H. (2014). Anti-photoaging capability of antioxidant extract from *Camellia japonica* leaf. *Experimental dermatology*, 23 Suppl. 1, 23–26. <https://doi.org/10.1111/exd.12395>.
14. Pereira, A. G., Garcia-Perez, P., Cassani, L., Chamorro, F., Cao, H., Barba, F. J., Simal-Gandara, J., & Prieto, M. A. (2022). *Camellia japonica*: A phytochemical perspective and current applications facing its industrial exploitation. *Food chemistry: X*, 13, 100258. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100258>.
15. Pereira, A.G., Cassani, L., Liu, C., Li, N., Chamorro, F., Barreira, J. C. M., Simal-Gandara, J., & Prieto, M.A. (2023). *Camellia japonica* Flowers as a Source of Nutritional and Bioactive Compounds. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(15), 2825. <https://doi.org/10.3390/foods12152825>.

16. Pereira, A.G., Fraga-Corral, M., Silva, A., Barroso, M.F., Grosso, C., Carpena, M., Garcia-Perez, P., Perez-Gregorio, R., Cassani, L., Simal-Gandara, J., & Prieto, M. A. (2024). Unraveling the Bioactive Potential of *Camellia japonica* Edible Flowers: Profiling Antioxidant Substances and *In Vitro* Bioactivity Assessment. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland)*, 17(7), 946. <https://doi.org/10.3390/ph17070946>.
17. Piao, M. J., Yoo, E. S., Koh, Y. S., Kang, H. K., Kim, J., Kim, Y. J., Kang, H. H., & Hyun, J. W. (2011). Antioxidant effects of the ethanol extract from flower of *Camellia japonica* via scavenging of reactive oxygen species and induction of antioxidant enzymes. *International journal of molecular sciences*, 12(4), 2618–2630. <https://doi.org/10.3390/ijms12042618>.
18. Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., & Bitto, A. (2017). Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017, 8416763. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>.
19. Song, B.K., Won, J.H., & Kim, S. (2016). Historical Medical Value of Donguibogam. *Journal of pharmacopuncture*, 19(1), 16–20. <https://doi.org/10.3831/KPI.2016.19.002>.
20. Tkachenko, H., Buyun, L., Kurhaluk, N., Kharchenko, I., Maryniuk, M., Opryshko, M., & Gyrenko, O. (2021). Comparative evaluation of oxidatively modified proteins in the equine plasma after treatment with extracts derived from leaves of various *Camellia japonica* L. cultivars. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health, and Life Quality*, 5(1), 1-8. <https://doi.org/10.15414/ainhlq.2021.0001>.
21. Venthodika, A., Chhikara, N., Mann, S., Garg, M. K., Sofi, S. A., & Panghal, A. (2021). Bioactive compounds of *Aegle marmelos* L., medicinal values and its food applications: A critical review. *Phytotherapy research: PTR*, 35(4), 1887–1907. <https://doi.org/10.1002/ptr.6934>.
22. Wang B. (2012). *In vitro* antioxidant activity of *Camellia japonica* L. *Advanced Materials Research*, 518–523, 5555–5558. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.518-523.5555>.
23. Zhang, Y. L., Yin, C. P., Kong, L. C., & Jiang, D. H. (2011). Extraction optimisation, purification and major antioxidant component of red pigments extracted from *Camellia japonica*. *Food chemistry*, 129(2), 660–664. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.001>.

4. MODERN APPROACHES TO ENSURING AND ASSURING FOOD SAFETY AND QUALITY

4. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Галина Бабаєва, Вікторія Войтенко, Інна Дегтяр, Володимир Степанов
ГЕНОТИПИ ШОВКОВИЧНОГО ШОВКОПРЯДА (*BOMBYX MORI L.*)
ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО ШОВКІВНИЦТВА

Національний науковий центр «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», м. Харків, Україна

E-mail: g.babaeva@gmail.com; Viktoriavoitenko795@ukr.net; inmain@ukr.net; volodimirstepanov07@gmail.com

Ключові слова: *органічне шовківництво, кокони, гусениці, Bombyx mori L., порода, генотип*

Вступ. В розвинутих країнах світу пріоритетною проблемою є збереження і зміцнення здоров'я людини, а також тварин [10]. Тому кожний рік збільшується частка виробництва і споживання органічної продукції [2]. Для інтеграції України у світову систему торгівлі розроблено науково-технічну програму «Розвиток органічного ринку та сертифікація в органічному сільському господарстві» [9]. Для України програма дасть змогу вирішити багато актуальних проблем з охорони довкілля від забруднення синтезованими хімічними речовинами [5], які застосовуються в процесі сільськогосподарської діяльності людини, попередження деградації при інтенсивному веденні сільського господарства та поліпшення стану здоров'я населення [8]. Для імпортозаміщення в нашій країні потрібно розвивати відповідні галузі, зокрема шовківництво.

Шовківництво – галузь сільського господарства з розведення шовковичного шовкопряда заради коконів, що дають натуральний шовк. В Україні культивують здебільшого шовковичний шовкопряд [4]. Цей вид шовкопряда єдиний повністю одомашнений вид метеликів, який у природних умовах зараз не існує сорти шовковиці, можуть вирощуватися в системі органічного виробництва. Їжею для гусені шовковичного шовкопряда є листки шовковиці, які стійкі до несприятливих умов довкілля сорти шовковиці, можуть вирощуватися в системі органічного виробництва [1]. Це є першим етапом у створенні органічного шовківництва в цілому.

Вирішення проблеми створення органічного шовківництва поліпшить перехід до виробництва екологічно чистого продукту в інших галузях, пов'язаних з сировиною з шовковичного шовкопряда. Унікальні фізичні властивості натурального шовку, зокрема, висока міцність нитки на розрив, інертність до біологічного матеріалу, надають шовковій хірургічній нитці

відповідних властивостей. Ці ж властивості шовку використовуються для створення парашутів. У парфумерно-косметичній промисловості використовуються властивості шовку такі, як гіпоалергічність, брудові дразливість та абразивність для виготовлення пудри, кремів, шампунів та мила. Присвоєння знаку органічності виробів цих галузей значно підвищить якість виробленої продукції.

Галузь шовківництва в науковій літературі поки не досліджувалася як система створення органічної продукції. В той же час в торгівельній мережі можна придбати імпорتنі дорогі вироби із натурального шовку (тканини, одяг,) якість яких не позначена як органічна.

Тому у зв'язку з великим попитом у населення до виробів із натурального шовку та інших корисних виробів із шовковичного шовкопряда, проведення імпортозаміщення, були розпочаті селекційні роботи по виведенню стійких порід та гібридів шовковичного шовкопряда. Проте, здатність створених генотипів шовкопряда вирощуватися за умов органічного виробництва не досліджувалась.

Надана стаття присвячена створенню стійких до зовнішніх чинників, урожайних генотипів шовкопряда та забезпеченню інформацією виробників продукції шовківництва про переваги органічного напрямку виробництва. Втілення в практику результатів даної роботи сприятиме інтеграції України у світову систему торгівлі.

Матеріали та методи. Генотипи шовковичного шовкопряда створювали у лабораторії шовківництва та технічної ентомології Національного наукового центру «Інститут експериментальної та клінічної ветеринарної медицини».

Досліди проведено з дотриманням вимог органічного виробництва у тваринництві, адаптованих до вигодовування генотипів шовковичного шовкопряда, основними є такі: повне усунення хімічних засобів захисту комах на всіх стадіях розвитку; завивку гусениць здійснювали лише на коконниках із природних, висушених рослин; освітлення приміщення вигодівлі — завдяки природному сонячному світлу; миття підлоги, підтримування вологи у приміщенні, змочування листя (щоб не в'яло) відбувалися перевіреною на вміст шкідливих домішок природною артезіанською водою. Базою вихідного матеріалу для створення порід і гібридів був генофонд шовковичного шовкопряда. Це 110 порід різного географічного походження, представлених 118 лініями і 125 сублініями, які є донорами корисних властивостей [3]. Кабмін України визначив науковий об'єкт генофонд шовковичного шовкопряда вважати національним надбанням країни. У процесі обробки даних вигодовування генотипів шовкопряда визначено такі показники: життєздатність гусениць, %; маса кокона, г; вміст сортових коконів, %; урожай коконів з 1 г гусениць-«мурашів», кг; шовконосність. Контролем була районована порода Мерефа 6. Дослідження проводили згідно з рекомендаціями, розробленими для умов України [4]. Вигодовування гусениць, завивку коконів, спарювання метеликів

здійснювали відповідно до методик, розроблених у галузі шовківництва [6]. Статистичну обробку отриманих результатів проведено за загальноприйнятими біометричними методиками [7].

Результати досліджень. На основі проведених лабораторних досліджень визначено цілий ряд біологічно-господарських ознак генотипів шовковичного шовкопряда для визначення їх загальної стійкості до стресових чинників довкілля.

Результати оцінки генотипів шовковичного шовкопряда за комплексом господарсько-цінних ознак в умовах Харківської області виявили 10 найкращих порід та 2 клони (таблиця).

Наведені в таблиці найкращі генотипи шовковичного шовкопряда, що відносяться до виду *Bombyx mori* L., є високоврожайними, стійкими до хвороб, шкідників, та несприятливих чинників середовища. Вони є донорами цінних властивостей для створення гетерозисних гібридів. Досліджені породи та клони вирізняються більшими середніми життєздатністю гусениць, масою кокона, вмістом сортових коконів, урожайністю коконів та шовконосністю порівняно з контрольною породою Мерефа 6.

Таблиця. Основні біологічно-господарські показники генотипів шовковичного шовкопряда порівняно з контрольною породою Мерефа 6

Генотип	Життєздатність гусені, %	Маса кокона, г	Вміст сортових кокон., %	Урожай коконів, кг	Шовконосність, %
Мерефа 6 (контроль)	75,88	1,63	81,04	2,53	23,17
Мерефа 7	84,97	2,10	90,22	3,58	22,33
Мерефа 8	86,91	1,79	92,00	2,93	22,38
Українська 15	86,83	1,87	87,58	3,26	23,89
Українська 18	83,54	1,87	87,55	2,66	23,69
Українська 20	66,76	2,25	88,54	2,74	22,72
Українська 22	82,07	2,03	87,38	2,93	22,82
Українська 23	88,11	2,15	91,39	3,63	21,38
Українська 26	68,29	1,78	78,90	2,51	24,15
Українська 27К	59,62	1,72	75,43	1,59	24,98
Українська 28К	86,70	1,67	92,80	2,16	21,52
Шовк-2	74,42	1,67	83,77	2,46	24,89
Середнє	78,68	1,88	86,38	2,75	23,16

Таким чином, експериментальні дослідження довели, що створені стійкі породи та клони шовковичного шовкопряда можуть ефективно вирощуватися без використання хімічних засобів захисту на всіх стадіях розвитку за умов, наближених до природних. Зазначені генотипи шовкопряда виявилися також стійкими до розповсюджених хвороб. Вигодовування отриманих порід та клонів

шовкопряда органічним листям шовковиці, які вирости на сертифікованих ґрунтах без застосування хімічних засобів захисту та добрив, дасть змогу одержати конкурентоспроможній інноваційний продукт у вигляді гусениць, лялечок, коконів та виробів з них. Отже, вигодовування створених порід цілком можливе за «Правилами виробництва органічної продукції (сировини) тваринного походження».

У циклі безвідходного органічного шовківництва власники господарств можуть перероблювати у цінне органічне добриво екскременти гусениць, не з'їдене листя шовковиці та гілки після зимового формування шовковиці. Воно може використовуватись для підвищення урожайності листя та суплідь шовковиці в системі органічного шовківництва. Залишок цих органічних добрив можна направити на реалізацію для отримання додаткового прибутку.

Завдяки одержанню екологічно чистої продукції шовківництва з найкращих стійких генотипів через меншу ціну, можна успішно конкурувати з закордонними аналогами, насичуючи вітчизняний ринок продукцією більшого асортименту та якості. Створені породи та клони шовкопряда з високими адаптаційними властивостями можуть культивуватися у системі органічного шовківництва, а також дадуть змогу займатися вигодовуванням комахи у всіх регіонах України.

Вигодовування запропонованих генотипів шовкопряда дасть можливість отримати високоякісну органічну продукцію як фермерським господарствам, так і індивідуальним шовковиробникам з невеличкими ділянками шовковиці за умов розташування їх на екологічно чистих ґрунтах. У майбутньому великі площі насаджень органічної шовковиці забезпечать країну не тільки корисними супліддями протягом всього року у вигляді свіжої, висушеної та консервованої продукції, а й продукцію з усіх стадій розвитку шовкопряда. Менші витрати на вирощування шовковиці та культивування запропонованих генотипів шовковичного шовкопряда без витрат на хімічні засоби захисту і мінеральні добрива під шовковицю зменшать собівартість продукції, що створить цінову конкуренцію на користь вітчизняного виробника органічної продукції.

Висновки. Створено генотипи шовковичного шовкопряда для використання в системі органічного шовківництва, які можуть культивуватися без застосування хімічних засобів захисту від хвороб. Породи та клони вирізняються високою стійкістю до найбільш розповсюджених хвороб (жовтяниця бактеріозу), життєздатністю гусениць, розміром коконів та їх урожайністю порівняно з контрольною породою Мерефа 6. Породи: Мерефа 7; Мерефа 8; Українська 15; Українська 18; Українська 20; Українська 22; Українська 23; Українська 26; клони Українська 27; Українська 28, а також гетерозисні гібриди з їх комбінацій пропонуються впроваджувати у малі та великі сільгоспприємства для одержання екологічно чистої продукції з гусені, коконів, лялечок та грени. Підвищення якості продукції шовківництва, зробивши її органічною, зацікавить закордонних імпортерів та вітчизняних

експортерів. Перспективою подальших пошуків у даному напрямі є виведення нових генотипів шовковичного шовкопряда з покращеними біологічними та господарськими показниками.

Бібліографія

1. Бабаєва, Г.І., Литвин, В.М., Войтенко, В.І., & Хмельова, Т.С. (2016). Сорти плодової шовковиці для органічного садівництва. *Вісник аграрної науки*, (6), 16–19.
2. Вдовиченко, Ю.В., & Омельченко, Л.О. (2012). Ефективність розведення худоби південної м'ясної породи в умовах органічного виробництва. *Науковий вісник*, 5(2), 3–11.
3. *Селекція тutowого шелкопряда в Україні: досягнення, проблеми, перспективи* / В.А. Головка, М.Е. Браславський, А.З. Злотин, В.В. Казмирук. – Харків: Оригінал, 2001. – 271 с.
4. Головка, В.О., Злотин, О.З., Браславський, М.Ю., Кириченко, І.О., Пилипенко, Б.Ф., Бойчук, Ю.Д., & Казмирук, В.В. (1998). *Шовківництво: Навч. посіб. для студентів біологічних і сільськогосподарських спеціальностей вузів, викладачів біології шкіл та агрономів-шовківників* / За заг. ред. Злотіна О.З. і Бойчука Ю.Д. Харків: РВП Оригінал, 1998. – 416 с.
5. Ковальчук, С.Я., & Муляр С.Я. (2013). Виробництво органічної продукції – аграрна спеціалізація України на міжнародному ринку. *Збірник наукових праць ВНАУ*, 3 (80), 104–110.
6. *Практичний посібник по шовківництву: довідник* / І.О. Кириченко, Г.Т. Тарасов, Б.Ф. Пилипенко. К.: Урожай, 1991. – 144 с.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
8. Легеза, Д.Г. (2010). Процес розвитку виробництва органічної продукції в Україні. *Серія «Проблеми економіки та управління»: Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*, 683, 99-104.
9. Назаркевич, О.Б. (2015). Виробництво органічної продукції малими сільгоспдприємствами в контексті вимог концепції сталого розвитку. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*, (1), 25-28.
10. Письменська, О.А. (2012). *Розвиток органічного сільського господарства в Європі. Економіка АПК: міжнародний науково-виробничий журнал*, (2), 141-144.

Людмила Лазарева, Лариса Акименко

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ МЕДУ З ГРЕЧКИ 2020-2022 РОКІВ

Національний науковий центр «Інститут бджільництва імені П. І. Прокоповича»

Національної аграрної академії наук, м. Київ, Україна

E-mail: medlab1961@gmail.com; akymenkol@ukr.net

Ключові слова: мед з гречки, показники якості

Вступ. За визначенням Закон України «Про систему громадського здоров'я» поняття єдиного здоров'я включає проблеми «безпеки продуктів харчування та охорона довкілля з метою забезпечення захисту здоров'я та санітарно-епідемічного благополуччя населення і досягнення кращих результатів у сфері громадського здоров'я» [1]. На міжнародному рівні ця важлива тема розглядається «провідними організаціями, які опікуються проблемами якості та безпеки сільськогосподарської продукції, а також здоров'я тварин та людей: Організація з сільського господарства та продовольства (ФАО), Міжнародне епізоотичне бюро (МЕБ) і Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ), якими

розроблена та реалізується стратегія «Єдине здоров'я» (*One Health*), а також Глобальне здоров'я (*Global Health Security Agenda*). Основне їх завдання – збереження здоров'я людей, у тому числі через здоров'я тварин, тобто якість та безпечність сільськогосподарської продукції, від виробника до споживача за принципом «з лану до столу», що є ключовою складовою забезпечення Продовольчої безпеки та захисту споживачів (*Consumer protection*) у сучасному світі» [2].

В сучасних умовах розвитку ринку на міжнародному рівні дуже важливими є показники якості і безпечності продукції, гармонізовані з міжнародними вимогами та які гарантують її конкурентоспроможність [3, 4]. За визначенням ряду авторів [5], «відповідні вимоги поширюються на маркування меду і покликані інформувати споживачів та запобігати підприємницьким діям, які вводять в оману споживачів». Разом з тим ці вимоги встановлюють критерії органолептичних, фізико-хімічних показники якості меду.

Метою наших досліджень було визначення показників якості гречаного меду та встановлення їх відповідності до нормативних документів. Важливо відмітити, що гречка – цінна круп'яна і медоносна культура, яка має велике народногосподарське значення в Україні. Гречка заслуговує особливої уваги українців: гречаники, гречана каша, гречаний хліб та мед з гречки - це і історія, і гастрономічні уподобання. На сьогодні Україна вважається одним з основних світових виробників цього виду меду. Шкода, але у 2021 році посівні площі гречки становили всього 13,6% рівня 2000 року [6]. Доведено, що цей мед вирізняється значним умістом фенольних сполук, а тому володіє антибактеріальною та антиоксидантною активністю і, можливо, переважає за цим показником популярний мед із мануки [7, 8].

Матеріали і методи. Предметом дослідження слугували 14 зразків меду з гречки 2020 року, 24 зразка – 2021, 25 зразків – 2022 року. Аналіз органолептичних та фізико-хімічних показників здійснювали згідно ДСТУ 4497: 2005 "Мед натуральний. Технічні умови" [9]: консистенція, смак, аромат, кристалізація, масова частка води, діастазна активність, масова частка відновлювальних цукрів та сахарози, вміст проліну, електропровідність.

Результати та їх обговорення. За результатами органолептичних досліджень було виявлено, що зразки меду з гречки мали забарвлення від темно-жовтого з червоним до темно-коричневого відтінку, подразнювали слизову оболонку ротової порожнини, володіли специфічним смаком та добре вираженим ароматом квітів гречки. Фізико-хімічні показники якості меду з гречки представлено в таблиці 1.

Середнє значення показника масової частки води досліджених зразків коливалося в межах $18,0 \pm 0,16$ – $18,9 \pm 2,0\%$. Серед зразків меду з гречки, виробленого в різні роки, найвищу вологість мав гречаний мед 2021 року (18,9%), найменшу – мед із гречки 2020 року (18,0%). Діастазне число залежить від ботанічного походження нектару та кількості ферментів, які бджола виділяє

під час його переробки. У зразках меду діастазне число коливалося – від 38,7 до 44,4 од. Готе (найвищий показник мав мед з гречки 2021 року з середнім значенням $44,4 \pm 2,2$ од. Готе, а найнижчий – мед з гречки 2020 року з середнім значенням $38,7 \pm 1,7$ од. Готе). Згідно з даними інших авторів [7,8], активність діастази гречаного меду коливається від 21,06 до 71 од. Готе. Найвищий вміст масової частки відновлювальних цукрів (95,8%) мав мед з гречки 2021 року, а найвище середнє значення вмісту масової частки сахарози становил мед з гречки 2022 – $5,0 \pm 0,1\%$.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники якості меду з гречки

Показник	Значення показників			Нормативне значення по ДСТУ
	2020 р.	2021 р.	2022 р.	
Масова частка води, %	$18,0 \pm 0,16$	$18,9 \pm 2,0$	$18,7 \pm 0,18$	18,5/21,0
Діастазне число, од. Готе	$38,7 \pm 1,7$	$44,4 \pm 2,2$	$39,5 \pm 1,20$	15,0/10,0
Масова частка відновлювальних цукрів, %	$87,7 \pm 4,6$	$95,8 \pm 5,2$	$84,0 \pm 0,4$	80,0/70,0
Масова частка сахарози, %	$1,9 \pm 0,02$	$3,0 \pm 0,3$	$5,0 \pm 0,1$	3,5/6,0
Пролін, мг/кг	$529,6 \pm 28,0$	$429,9 \pm 25,0$	$359,9 \pm 43,1$	300,0/300,0
Електропровідність, Мс/см	$0,34 \pm 0,01$	$0,38 \pm 0,003$	$0,4 \pm 0,006$	0,2-1,0/0,2-1,5
Кількість вимірювань (n)	14	24	25	

Вміст проліну в досліджених зразках меду з гречки 2020, 2021, 2022 років коливався від 359,9 мг/кг до 529,6 мг/кг. Така варіабельність в показнику проліну в наших дослідженнях пов'язана, ймовірно, з видовим складом пилок зерен, діастазною активністю, а також із показником вологості меду. Найбільший вміст проліну у меді за 2020 рік визначено в зразках з найменшим вмістом масової частки води з середнім значенням $18,0 \pm 0,16\%$.

Висновки. За результатами досліджень зразків меду з гречки 2020, 2021 та 2022 років встановлено, що показники його якості відповідають вимогам національного стандарту ДСТУ 4497:2005 «Мед натуральний. Технічні умови» меду та існуючим вимогам ЄС.

Бібліографія

1. Закон України «Про систему громадського здоров'я», № 3302-IX від 09.08.2023. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2023, № 26. – 93 с.
2. Гадзало Я.М. (2017). Вирішення проблеми продовольчої безпеки України в контексті реалізації спільної стратегії МЕР, ВООЗ ТА ФАО «Єдине здоров'я». Ветеринарна медицина, 103, 5-7.
3. Огляд ринку: світові тренди для виробників меду. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://cci.zp.ua/>.
4. Про затвердження Вимог до меду. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 330 від 19.06.2019 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0725-19#Text>.

5. Коваль, С.Ю., & Россоха, В.В. (2022). Теоретичні підходи до визначення сутності управління системами контролю та якістю виробництва продукції бджільництва. *Економічний вісник Донбасу*, 1(67), 41-51.
6. Ринок гречки: прогнози, оцінки та тренди. [Електронний ресурс]. Режим доступу: //agro-business.com.ua/agro/ekonomichni-hektar/item/22744-rynok-hrechky-prohnozy-otsinky-ta-trendy.html.
7. Moniruzzaman, M., Sulaiman, S. A., Khalil, M. I., & Gan, S. H. (2013). Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysian honeys: a comparison with manuka honey. *Chemistry Central journal*, 7, 138. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-138>.
8. Nešović, M., Gašić, U., Tosti, T., Horvacki, N., Šikoparija, B., Nedić, N., Blagojević, S., Ignjatović, L., & Tešić, Ž. (2020). Polyphenol profile of buckwheat honey, nectar and pollen. *Royal Society open science*, 7(12), 201576. <https://doi.org/10.1098/rsos.201576>.
9. Мед натуральний. Технічні умови: ДСТУ 4497:2005. [Чинний від 2005-12-28]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 22 с. (Національний стандарт України).

Марина Мардар, Лариса Агунова, Софія Сивак

ГАРАНТУВАННЯ БЕЗПЕЧНОСТІ І ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ДЕРЖАВНОГО ЗАКОНОДАВСТВА

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна

E-mail: marinamardar2003@gmail.com, a80976531343@gmail.com

Ключові слова: *якість, харчові продукти, безпечність, законодавство, контроль*

Вступ. Життя і здоров'я людини в Україні визнано найвищою соціальною цінністю (Конституція України ст. 3). Натепер питання безпечності та якості набуло найбільш пріоритетного значення у підвищенні якості життя та гарантування продовольчої безпеки. Захворювання, пов'язані із неякісними продуктами харчування, поширюються, зростає ризик забруднення сільськогосподарської продукції токсичними речовинами та радіонуклідами. Окрім того, держава намагається ліквідувати торговельні бар'єри з іншими країнами, перш за все, з країнами ЄС, але наявність низькоякісної та небезпечної продукції на внутрішніх ринках є суттєвою загрозою для продовольчої безпеки держави. Харчові отруєння, крім шкоди для здоров'я конкретної людини, завдають значних втрат для економіки та іміджу держави, створюючи навантаження на системи охорони здоров'я та завдаючи шкоди національній економіці, туризму та торгівлі [1].

Саме тому безпечність та якість харчової продукції і продовольчої сировини є однією з вирішальних складових частин економічної безпеки кожної країни. В умовах воєнного стану питання безпечності харчових продуктів вкрай актуальне. Тому безпечність та якість харчової продукції є беззаперечною цариною державного контролю, оскільки відсутність ефективних механізмів впливу на суб'єктів виробництва, реалізації та обігу харчових товарів може призвести до серйозних соціально-економічних, екологічних та демографічних проблем в країні. За оцінками, 600 мільйонів – майже 1 з 10 людей у світі – хворіють після

вживання зараженої їжі, а 420000 помирають щороку [1]. Відповідно, гарантування безпечності і якості харчових продуктів через призму державного законодавства є актуальним завданням в нашій країні. Враховуючи це метою дослідження став аналіз законодавчих та нормативних документів щодо забезпечення якості та безпечності харчових продуктів в умовах воєнного часу.

Матеріали та методи. Для досягнення мети використано комплекс загальнонаукових методів дослідження: теоретичний та порівняльний аналіз — офіційних документів щодо гарантування безпечності та якості харчових продуктів.

Результати та обговорення. Безпечність харчових продуктів та продовольчої сировини важлива на всіх етапах від виробництва та збирання врожаю, перероблення, зберігання, розподілу, приготування та споживання їжі. Виробники харчових продуктів, заклади громадського харчування та ритейли повинні дотримуватися низки правил, щоб уникнути потенційних серйозних небезпек для здоров'я людини.

В Україні розроблена серія нормативно-правових документів, що регулює процеси представлення якісних та безпечних продуктів споживачам. В Законі України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» є визначення, що безпечний харчовий продукт – це продукт, який не справляє шкідливого впливу на здоров'я людини та є придатним для споживання. Також надаються контрольовані норми безпечності та якості продуктів харчування, що перебувають в обігу або ввозяться на територію України [2]. Важливий інструмент для контролю безпечності продуктів харчування є система НАССР. Він охоплює багато різних аспектів: вимоги до стану приміщень, де зберігаються або готуються продукти, чистоту поверхонь, гігієну персоналу, зберігання та транспортування та багато іншого. Відповідно до Закону виробники харчових продуктів, заклади громадського харчування мають дотримуватися принципів НАССР, адміністрації навчальних закладів повинні впроваджувати та постійно підтримувати функціонування даних принципів на харчоблоках. Таким чином держава бере на себе зобов'язання забезпечити кожній людині право отримати або безпечні харчові продукти в продажу або безпечні страви та харчові послуги в громадському харчуванні. Відповідальність за безпечність харчових продуктів несе виробник, а ось контроль – на боці держави, у рамках функцій та компетенцій Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів.

З боку споживачів при виборі продуктів обов'язково необхідно звернути увагу на зовнішній вигляд товару, упаковку, а також на маркування та інформацію про продукт, яка зазначена виробником. У 2019 році прийнято Закон «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів», який встановлює загальні принципи та вимоги щодо інформації про харчові продукти, зокрема, стосовно їх маркування, а також обов'язки операторів ринку стосовно доведення цих даних до споживачів. Необхідно відмітити, що вимоги

Закону поширюватимуться не тільки на виробників харчових продуктів, але і на продукти, що реалізуються у закладах громадського харчування. Відповідно до вимог даного закону інформація про продукт має бути точною, достовірною та зрозумілою та не повинна вводити в оману споживача стосовно характеристик, властивостей, складу продуктів. Ця вимога поширюватиметься як на рекламу харчових продуктів, так і на спосіб розміщення та представлення продуктів для реалізації, зокрема форму, зовнішній вигляд, упаковку [3].

Через введення в Україні воєнного стану та з метою забезпечення продовольчої безпеки держави, застосування ризик-орієнтованого підходу при здійсненні заходів державного контролю за харчовими продуктами Кабінетом Міністрів України ухвалено Постанову №186 від 03.03.2022 р. «Деякі питання маркування харчових продуктів в умовах воєнного стану». Цей документ встановлює, що внаслідок вимушених змін рецептури, які пов'язані з відсутністю або недостатністю відповідної сировини, на період дії воєнного стану обов'язкова інформація про харчовий продукт, що зазначається на його маркуванні може відрізнятися від фактичних параметричних значень цього продукту [4].

Стосовно продуктів харчування тваринного походження, то показники безпечності та якості регулюються Законом України «Про ветеринару медицину». Відповідно до цього Закону виробники повинні стежити за нормами до продуктів тваринного походження відповідно і постачати якісний продукт споживачам [5]. Крім цього, Закон України «Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, ветеринарну медицину та благополуччя тварин», визначає органи виконавчої влади, які мають стежити за дотриманням Законів України у процесі виробництва та реалізації продуктів харчування тощо [6].

Ще одним документом, який регулює безпечність та якість харчових продуктів є CODEX ALIMENTARIUS. Це міжнародні стандарти, методичні вказівки, норми та правила, що забезпечують безпечність та якість харчових продуктів. Він містить положення про гігієну харчових продуктів, харчові добавки, залишки пестицидів і ветеринарних лікарських препаратів, маркування та методах аналізу і відбору проб, контроль та сертифікацію імпорту та експорту харчових продуктів [7].

У березні 2022 року уряд України ввів тимчасову заборону на здійснення державного контролю безпеки харчових продуктів, включаючи виконання законодавства про захист прав споживачів у зв'язку із воєнним станом. Це призвело до того, що наразі держава зосереджується на наданні допомоги сільськогосподарському сектору, впровадженні програм адресної підтримки незахищеним верствам населення та здійсненні моніторингу цін. Проте споживачі залишаються один на один у питанні щодо відстеження безпечності харчових продуктів. Натомість, система захисту прав споживачів повинна бути повноцінною. З одного боку, виробники орієнтуються на споживачів, а з іншого боку, споживачі мають право на безпечне і здорове харчування. Проте, якщо у

виробництві виконання вимог є добровільним, то в справі захисту прав споживачів вирішальна роль відведена державі. У Європейському Союзі захист прав споживачів має найвищий пріоритет і створені ефективні інструменти для його забезпечення. В контексті процесів євроінтеграції в Україні необхідно розробити систему захисту прав споживачів, яка була би незалежною від бізнесу, забезпечувала ефективну взаємодію з споживачами та мала ефективну систему контролю за обігом харчової продукції [8].

Висновок. Сфера безпечності харчових продуктів в Україні знаходиться в стані реформування, відповідно до вимог та правил ЄС. Останнім часом на харчових ринках з'являється безліч новітніх харчових продуктів, удосконалюється асортимент, запроваджуються нові технологічні процеси, ресурсозберігаючі технології, пропонуються шляхи покращення системи харчування, боротьби з хворобами аліментарного походження тощо. Особливої уваги заслуговують питання донесення достовірної інформації про продукти та послуги до споживачів, доброчесного та ефективного маркетингу, навчання споживачів стосовно того як бути більш обізнаним при зчитуванні маркування та здійснювати раціонально свій вибір на споживчому ринку продуктів харчування.

Хоча ситуація у сфері виробництва продуктів харчування загалом стабілізована, виробничі ризики залишаються високими, особливо у тих регіонах, які зазнали ушкоджень під час бойових дій. З іншого боку, реалізація умов доступу України до повноцінного членства в ЄС передбачає прийняття відповідних умов функціонування для всіх галузей харчового бізнесу на всіх етапах від лану до столу. Невідомо скільки триватиме війна, але очевидно, що будь-яка кризова ситуація змушує переосмислити та переглянути традиційні підходи щодо забезпечення споживачів якісними та безпечними продуктами.

Бібліографія

1. *Food safety*. (2022, May, 19). Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>.
2. *Закон України* (1998) Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів, № 771/97-ВР. Взято з: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80#Text>.
3. *Закон України* (2019). Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів, № 2639-VIII. Взято з: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2639-19#Text>.
4. *Постанова Кабінету Міністрів України* № 186 (2022, березень, 3). Деякі питання маркування харчових продуктів в умовах воєнного стану. Взято з: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/186-2022-%D0%BF#Text>.
5. *Закон України* (2023) Про ветеринарну медицину, № 1206-IX. Взято з: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1206-20#Text>.
6. *Закон України* (2017). Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин, № 2042-VIII. Взято з: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2042-19#Text>.

7. *FAO and WHO (2023). Codex Alimentarius Commission Procedural Manual. Twenty-eighth edition, revised. Rome. Retrieved from: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/cdb4b110-b8bf-45dc-9c53-4ea9fcda1fc8/content>. <https://doi.org/10.4060/cc5042en>.*
8. Моніторинговий звіт «Безпека і безпечність харчування під час і після війни» підготовлений ГО «Аналітичний центр Аграрного союзу України» в партнерстві з Торгово-промисловою палатою України та Всеукраїнською асоціацією з питань захисту прав споживачів «Споживча довіра» в рамках проекту «Підтримка діяльності УНП ФГС СхП у 2021-2023 роках», який реалізує Інститут економічних досліджень та політичних консультацій за фінансової підтримки Європейського Союзу (2022).

Ірина Маслій

БДЖОЛИНИЙ МЕД – ІНДИКАТОР ВЕТЕРИНАРНО-САНІТАРНОГО СТАНУ ПАСІК

*Інститут тваринництва, Національна академія аграрних наук, м. Харків, Україна
E-mail: matmas@ukr.net*

Ключові слова: *аналіз меду, хвороби бджіл, індикація збудників*

Вступ. Заразні хвороби бджіл спричинюють суттєві економічні збитки галузі. Аналіз ветеринарної звітності, зроблений за останні десятиріччя, свідчить про те, що результати проведених лабораторних досліджень не відображають реальної картини ветеринарно – санітарного стану на пасіках України [5].

Невизначеність епізоотичної ситуації в Україні щодо основних небезпечних заразних хвороб бджіл, відсутність належного контролю за кочівлею бджолиних сімей територією України до посівів медоносних культур, підвищена концентрація бджолиних сімей на одиниці кормових угідь, кількість яких у даний час обмежена, відсутність засобів боротьби з особливо небезпечними хворобами бджіл у зв'язку із заборонаю застосування антибіотиків та сульфаніламідів, виготовлення вощини з сировини, неперевіреної на благополуччя щодо гнильців тощо – основні причини незадовільного ветеринарно-санітарного стану пасік [8].

У світлі вимог Європейського Союзу до дотримання безпеки продуктів харчування перед фахівцями-бджолярами та науковцями ветеринарної медицини встають питання забезпечення належного ветеринарно-санітарного стану пасік щодо хвороб та якості продукції бджільництва.

Визначення ветеринарно-санітарної якості меду та оцінка його безпеки є одним зі важливих аспектів у вирішенні проблеми щодо екологічної чистоти продуктів харчування людини та годівлі бджіл [6].

З метою визначення наявності захворювань бджіл проводять епізоотологічне обстеження для виявлення характерних ознак хвороб, порушення розвитку особин на всіх стадіях, відбір імаго, личинок та лялечок для дослідження у лабораторіях. Дослідження меду, в першу чергу стільникового, може допомогти виявити наявність збудників захворювань на ранніх стадіях та запобігти їх поширенню.

Мета даної роботи – дослідити мед на наявність збудників хвороб бджіл.

Матеріали та методи. Досліджували зразки товарного меду (5 проб), які надійшли від ФОП Буніна (Харківська область, смт. Шевченкове), а також шматочки стільникового меду (5 проб) зі Святогірської лаври (Донецька обл., м. Святогірськ) на відповідність вимогам ДСТУ 8729:2017, ДСТУ 4497:2005 [3, 4, 6].

Результати та обговорення. При дослідженні 5 проб товарного меду, отриманого у смт. Шевченкове Харківської області України відповідно до ДСТУ 8729:2017 визначили мікробіологічне забруднення (КМАФАнМ, БГКП, ентеробактерії, сальмонели). Результати досліджень наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Показники наявності санітарно-гігієнічної та патогенної мікрофлори у пробах товарного (центробіжного) меду

№ ч/ч	Виявлені мікроорганізми, КУО/г					
	МАФАнМ	Ентеробакт.	БГКП, <i>E. coli</i>	Плісняві гриби	Дріжджі	<i>Salmonella</i>
ФОП Бунін, товарний мед						
1	50	<10	<10	<10	<10	Не виявлено
2	1x10 ³	<10	<10	<10	20	Не виявлено
3	1,9x10 ²	<10	<10	<10	<10	Не виявлено
4	8x10 ²	<10	<10	<10	<10	Не виявлено
5	2x10 ³	<10	<10	<10	<10	Не виявлено

Аналізуючи отримані дані встановили, що кількість МАФАнМ становила від 50 до 1,9x10³ КУО/г. Ентеробактерії, бактерії групи кишкової палички та плісеневі гриби виявлено було у кількості, що не перевищувала 10 КУО/г. Дріжджі виявлено у кількості, що становила менше 10 КУО/г до 2,5x10² КУО/г. Патогенних мікроорганізмів для людей, зокрема бактерій роду *Salmonella*, в жодному зразку не визначили.

З показників мікробіологічної забрудненості досліджуваних зразків стільникового меду, які було отримано у м. Святогірськ Донецької обл., визначали кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, а також наявність патогенних для бджіл бактерій (*Paenibacillus larvae*, *Paenibacillus alvei*) і грибів (*Ascosphaera apis*, *Aspergillus* sp.). Результати наведені у табл. 2.

В процесі аналізу отриманих даних встановлено, що показники кількості МАФАнМ у пробах стільникового меду значно перевищували аналогічні у зразках товарного меду та становили від 1,8x10³ КУО/г до 1,7x10⁶ КУО/г. У пробах № 1 та № 3, де показники МАФАнМ були максимально високими, реєстрували наявність патогенної для бджіл мікрофлори.

Зокрема, у зразках стільникового меду виявили таких збудників бактеріальних хвороб бджіл, як *Paenibacillus larvae* та *Paenibacillus alvei* у кількості 67 та 14, 2,7x10³ КУО/г і 40 КУО/г відповідно у зразках № 1 та № 3. Збудників мікозів

реєстрували у кількості *Ascosp. apis* – <10 КУО/г та $1,0 \times 10^2$ КУО/г, *Aspergillus sp.* – <10 КУО/г в обох зразках.

Таблиця 2. Показники наявності патогенної для бджіл мікрофлори у стільниковому медові

№ ч/ч	МАФАНМ	Виявлені мікроорганізми, КУО/г			
		<i>Raenibac. larvae</i>	<i>Raenibac. alvei</i>	<i>Ascosp. apis</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
Святогірська лавра, стільниковий мед					
1	$2,5 \times 10^5$	67	14	<10	<10
2	$2,4 \times 10^4$	<10	<10	Не виявлено	Не виявлено
3	$1,7 \times 10^6$	$2,7 \times 10^3$	40	$1,0 \times 10^2$	<10
4	$2,0 \times 10^3$	<10	<10	Не виявлено	Не виявлено
5	$2,4 \times 10^3$	11	<10	<10	Не виявлено

В процесі дослідження меду за показниками ДСТУ 4497:2005, зокрема пилкового аналізу у полях зору мікроскопу поряд із пилковими зернами медоносних рослин можуть бути виявлені трахейний кліщі (*Acarapis woodi*), а також спори патогенних для бджіл грибів, мікроорганізмів, збудників протозоозів (*Nosema sub. sp.*). Результати представлені на рисунках 1–3.

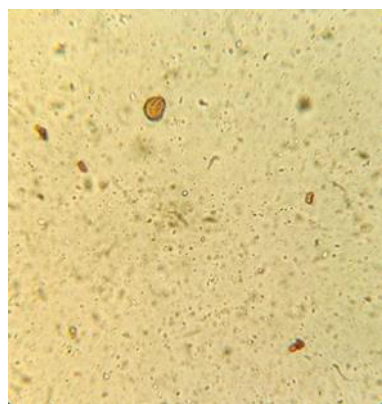
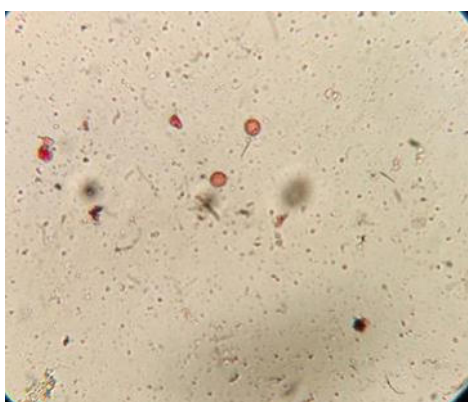


Рис. 1. Пилкові зерна та спори *Nosema sub. sp.* та грибів (власні дослідження).

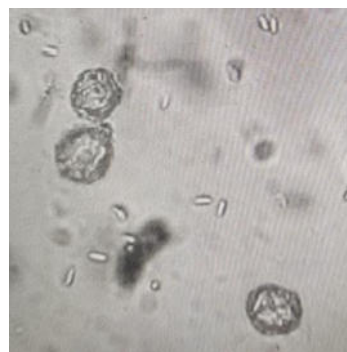
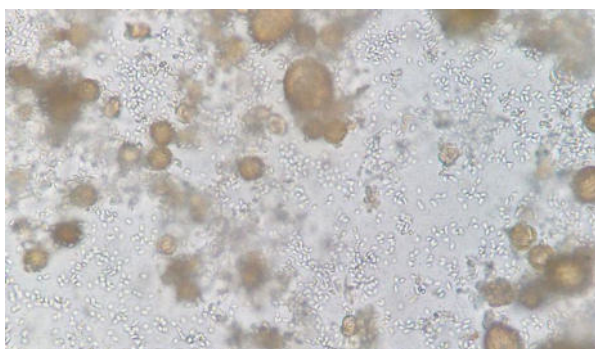


Рис. 3. Пилкові зерна медоносів та спори *Nosema sub. sp.* в полі зору мікроскопу (фото з інтернету).



Рис. 3. Трахейний кліщ *Acarapis woodi* в полі зору мікроскопу (фото з інтернету).

Вимоги щодо безпеки та якості меду визначені міжнародним харчовим кодексом (Codex Alimentarius CODEX STAN 12-1981, Rev. 2), директивами Ради ЄС 2001/110 (2001), 2001/95, 2081/92, регламентом європейського парламенту і ради ЄС № 178/2002 від 28 січня 2002 р. тощо. Продукція, що контамінована цими патогенами може бути заборонена до реалізації, повернута або арештована, оскільки становить загрозу поширення збудників серед інших сімей бджіл, а також виникнення алергічних або інших негативних реакцій в організмі людини [1-2, 7].

Фактори ризику контамінації продуктів патогенною флорою можуть бути знижені тільки за умов ефективної системи контролювання на всіх стадіях – від отримання продукції до потрапляння її до споживання людиною та бджолою [5, 8].

Аналіз меду дозволяє встановити основні ризики та оцінити поширеність патогенних мікроорганізмів, збудників протозоозів та арахнозів у процесі виробництва меду та інших продуктів бджільництва. Забруднення меду у більшості випадків пов'язано з порушеннями санітарних вимог, зокрема, через повітря приміщення, де проходить його обробка та пакування; обладнання, контамінацію у разі змішування різних партій тощо. Проте, наявність збудників інфекційних захворювань бджіл у гнізді (на поверхні тіл та в зобіку і кишківнику особин, що виконують функції вигодовлі розплоду, очищення гнізда, також є джерелами контамінації меду і безпосередньо впливають на мікробіологічні показники. Контакт бджіл-фуражирів із різних сімей на ентомофільних рослинах в процесі збиранні нектару та пилку ще більше ускладнює ситуацію. Саме тому доцільно ранньої діагностики хвороб бджіл здійснювати дослідження стільникового (кормових запасів) та товарного меду на наявність в них спорових форм збудників бактеріозів, протозоозів та мікроскопічних кліщів.

Висновки. Таким чином, аналіз меду дозволяє встановити основні ризики та оцінити поширеність патогенів у процесі його виробництва. Лабораторне дослідження меду, особливо стільникового, дозволяє діагностувати заразні хвороби бджіл на ранніх стадіях шляхом виявлення спорових форм збудників інфекцій та інвазій, а також фрагментів тіл мікроскопічних кліщів.

Бібліографія

1. Codex Alimentarius CODEX STAN 12-1971, Rev. 2 (2001) Regulation EC 2001/110.
2. Council Directive of the European Union /Council Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey. Official Journal of the European Communities.- 2002.- vol. L10, pp. 47–52.
3. ДСТУ 4497:2005: Мед натуральний. Технічні умови: (2007). Київ: Держспоживстандарт України.
4. ДСТУ 8729:2017: Мед і продукти бджільництва. Методи визначення кількості мікроорганізмів та підрахування колоній за температури 30°C; К.: Держспоживстандарт України 2019. 13 с. (Інформація та документація).
5. Маслій І.Г., Немкова, С.М., Ступак, Л.П., & Десятникова О.В. (2015). Моніторинг хвороб бджіл в Україні. *Ветеринарна медицина: міжвід. темат. наук. зб.*, 101, 116–121.
6. Методичні рекомендації. Визначення контамінації меду мікрофлорою, патогенною для бджіл [Текст]: О. Т. Куцан, І. Г. Маслій, С. М. [Немкова, Л. П. Ступак, О. В. Десятникова (ННЦ "ІЕКВМ") – Утв. ДВФСС Укр. № 1 від 21.12.2012 – Вид. офіц. – Київ: 2013. – 40 с.
7. On measures to monitor certain substances and residues there of in live animals and animal products [Text] / Directive 96/23 EC 29.04.1996, Official Journal of the European Communities 23.5.96 L 125/10–32.
8. Ступак Л.П., & Маслій І.Г. (2009). Моніторингові дослідження зразків розплоду бджіл на гнильці у лабораторних умовах. *Вет. медицина: міжвід. темат. наук. зб.*, 92, 471-476.

Любов Ткаченко¹, Любов Паляниця²

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ДРІЖДЖІВ

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна;

²Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

E-mail: lubashev28@gmail.com; liubapal@ukr.net

Ключові слова: дріжджі хлібопекарські, культивування, молочна сироватка, ферментативна активність

Вступ. Якість хлібобулочних виробів залежить насамперед від якісних показників сировини. Особливе значення для виробів з дріжджового тіста має ферментативна активність хлібопекарських дріжджів. Хлібопекарські дріжджі призначені для використання у хлібопекарській, кондитерській промисловості, на підприємствах ресторанного господарства та для реалізації в торговельній мережі [1]. Тому висока активність ферментативних систем хлібопекарських дріжджів, що визначає швидкість перебігу біохімічних процесів під час замішування, бродіння та дозрівання тіста, має першочергове значення для виробництва якісних хлібобулочних виробів. Активність ферментів дріжджових клітин значною мірою залежить від умов культивування та складу живильного середовища, а також температурних режимів зберігання [2]. Таким чином, інтенсифікація ферментативної активності хлібопекарських дріжджів за рахунок покращення складу середовища під час їх культивування за оптимальних умов сприяє скороченню тривалості технологічного процесу та покращенню органолептичних показників виробів з дріжджового тіста. Тому пошук

ефективних способів підвищення якісних показників дріжджів є актуальним завданням.

Матеріали та методи. Об'єктом досліджень був штам *Saccharomyces cerevisiae* T-1, що використовують для одержання товарних хлібопекарських дріжджів [3]. Для культивування дріжджів використовували цукробурякову мелясу з такими показниками: масова частка сухих речовин (СР) – 79,2%; масова частка сахарози – 46,9%; масова частка цукрів, що зброджуються – 48,16%; величина рН – 6,78 од. Показники меляси визначали згідно до методик [4].

Мелясне сусло з масовою часткою СР 12 % та значенням рН на рівні 4,5-4.6 од. збагачували поживними речовинами за нормами, що прийняті у дріжджовому виробництві. Для досліджень використовували молочну сироватку (МС) – побічний продукт, що одержують при виробництві м'яких сирів, в яку переходить майже половина вмісту сухих речовин молока, в тому числі до 30 % білкових та до 65% мінеральних, ростових речовин і вітамінів вихідного продукту. Останнім часом МС широко застосовують для приготування напоїв, а також для інтенсифікації біотехнологічних процесів [5].

У дослідних варіантах розрахункову частку води у мелясному суслі замінювали на 2,5; 5,0; 7,5 та 10,0% МС. Чисту культуру дріжджів розводили на стерильному солодовому суслі з масовою часткою СР 8%. У контрольний та дослідні варіанти мелясного сусла вносили 5% засівних дріжджів та проводили культивування у колбах на відповідних варіантах середовища впродовж 18 годин за температури 32°C на качалці (180 об./хв). Після закінчення процесу готові дріжджі центрифугували та аналізували. Кількість біомаси, величину рН та підймальну силу дріжджів визначали згідно з методиками, прийнятими у виробництві [6]. Для оцінки ферментативної активності дріжджів визначали їх зимазну і мальтазну активність [6, 7].

Результати і обговорення. Ферментативна здатність хлібопекарських дріжджів є одним із основних показників їх якості. Для оцінки здатності дріжджів зброджувати цукри тіста крім показника підйимальної сили визначають їх зимазну і мальтозну активність. Ці показники визначають за швидкістю зброджування дріжджами глюкози і мальтози та виражають у хвилинах, необхідних для виділення 10 см³ СО₂ дріжджами масою 0,5 г у розчині глюкози (зимазна активність) або мальтози (мальтозна активність) масовою часткою цих цукрів 5. Якісні дріжджі мають зимазну активність до 40 хв, мальтазну – не більше 90 хв [7]. Результати досліджень показників хлібопекарських дріжджів, що культивували на мелясному суслі (контроль) і на мелясному суслі (варіанти, в яких частину води замінювали на МС, наведено у таблиці.

Як видно з одержаних результатів, внесення у мелясне сусломолочної сироватки 2,5–10,0% замість води позитивно впливає на життєдіяльність хлібопекарських дріжджів: спостерігається збільшення біомаси дріжджів від 4,2 до 16%.

Таблиця. Показники дріжджів після культивування вирошування на мелясному суслі з внесенням різної кількості МС

Показники дріжджів	% МС (на заміну води) у мелясному суслі 12% СР				
	0 контроль	2,5	5,0	7,5	10,0
Біомаса з вологістю 75 %, г/дм ³	42,4	43,8	46,4	48,8	49,2
pH, од.	4,32	4,28	4,23	4,15	4,08
Підймальна сила, хв	45,4	42,0	41,0	42,5	43,4
Зимазна активність, хв	35	34	30	31	34
Мальтазна активність, хв	88	85	83	83	86

Такий важливий показник хлібопекарських властивостей дріжджів, як підймальна сила, покращується на 3,4-4 хв, порівняно з контролем. Також за рахунок компонентів молочної сироватки спостерігалася активізація ферментативної активності – зимазної та мальтозної – на 4-5 хвилин у варіантах з заміною води у мелясному суслі від 5 до 7,5% на сироватку. Подальше збільшення у мелясному суслі концентрації молочної сироватки до 10%, не покращує ферментативної активності хлібопекарських дріжджів, що можна пояснити підвищенням вмісту сухих речовин сусла.

Висновки. Результати проведених досліджень показали, що приготування мелясного сусла для культивування хлібопекарських дріжджів, в якому від 5,0 до 7,5% води замінювали на МС, позитивно впливає на ферментативну активність дріжджів. Це відбувається за рахунок того, що МС, яку вносять у технологічне середовище, має у своєму складі біологічно активні речовини, необхідні для росту і життєдіяльності дріжджових клітин, що, у свою чергу сприяє підвищенню якості хлібопекарських властивостей дріжджів.

Бібліографія

1. Struyf, N., Van der Maelen, E., Hemdane, S., Verspreet, J., Verstrepen, K. J., & Courtin, C.M. (2017). Bread Dough and Baker's Yeast: An Uplifting Synergy. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 16(5), 850–867. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12282>.
2. Паляниця, Л.Я., Косів, Р.Б., Березовська, Н.І., Паньків, Н.О., Харандюк, Т.В. (2015). Розмноження хлібопекарських дріжджів після їх кріостатування. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка", Хімія, технологія речовин та їх застосування*, 812, 216-220.
3. Патент України 43019А. Штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* Т-1.
4. ДСТУ 3696-98. М'яса бурякова. Технічні умови. Український НДІ цукрової промисловості. 54 с.
5. Ткаченко, Л.В., & Вітряк, О.П. (2013). Перспективи використання молочної сироватки для інтенсифікації біотехнологічних процесів. *Сборник научных трудов SWorld*, 8(3), 51-55.
6. Паляниця Л.Я. (2012). *Методи визначення ферментативної активності дріжджів: методичні вказівки*. Львів: НУ «ЛП». – 15 с.
7. Рідкоус, В.В. (2018). Визначення бродильної активності дріжджів по вуглекислому газу манометричним методом. *Наукові праці НУХТ*, 24(4), 178-184. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2018-24-4-20>.

Володимир Шабля¹, Петро Шабля², Тетяна Данілова¹, Ірина Задорожна²
КІЛЬКІСТЬ ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН ЗА ВИКОРИСТАННЯ КОРМІВ
РІЗНИХ ВИДІВ

¹Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна;

²Інститут свинарства і агропромислового виробництва

Національної академії аграрних наук України, Полтава, Україна

E-mail: shabliavladimir@gmail.com; finngine2905@gmail.com; 0677147057@btu.kharkov.ua;
zadoroznairina1959@gmail.com

Ключові слова: тваринництво, поживність, кормові одиниці, вихід кормів, кормовиробництво

Вступ. У сучасних воєнних умовах України тваринники часто-густо постають перед проблемою створення та (або) відновлення кормової бази для тварин. Особливої актуальності це питання набуває на територіях, котрі нещодавно звільнені або наближені до бойових дій.

У зв'язку з цим господарники передусім півночі, сходу й півдня України наразі міркують над дилемою, як при фактичному скороченні площ сільськогосподарських угідь, які є придатними до кормовиробництва, можна забезпечити наявних тварин необхідною кількістю кормів, а також створити суттєвий страховий запас поживних речовин на майбутнє [9].

Особливо гостро описана проблема стоїть перед власниками, які розводять жуйних тварин. Адже такі галузі тваринництва, як вівчарство, козівництво та скотарство в силу фізіологічних особливостей вказаних видів тварин повинні використовувати не менше половини саме вегетативних кормів [5, 10]. А ефективно послуговуватися вегетативними кормами можливо перш за все, якщо вирощувати їх безпосередньо поблизу від місць утримання тварин у зв'язку зі значними логістичними витратами на їх потенційне транспортування на далекі відстані.

Одночасно забезпечення повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин, як і створення суттєвих запасів кормів може бути значною мірою досягнуто шляхом раціонального використання землі [7]. Як свідчить наш досвід співпраці з низкою господарств України, за рахунок певних заходів щодо підбору й вирощування найефективніших кормових культур можливо задіяти резервні важелі заготівлі додаткової кількості кормів і, таким чином, значно підвищити стабільність та сучасні можливості галузей кормовиробництва і тваринництва.

А спільно зі застосуванням науково-обґрунтованих технологій у цих галузях це призведе в кінцевому результаті до одержання додаткової кормової, а відтак і тваринницької продукції.

Матеріали та методи. Нами здійснено порівняння виходу поживних речовин з одного гектара площі ріллі при її використанні для вирощування різних кормових культур. Ці дослідження проведено у фермерському господарстві «Альфа» Золочівського району Харківської області.

Було проаналізовано динаміку показників урожайності та виходу кормових одиниць з одного гектара площі землі станом на дві контрольних дати – 2009 і 2014 рік. При цьому енергетичну поживність кормів визначали з розрахунку на їх використання молочною худобою.

Результати та їх обговорення. Встановлено, що урожайність основної рослинницької продукції, яка вирощувалася у господарстві протягом аналізованого періоду, з року в рік коливається. Це у значній мірі пов'язано з кліматичними умовами та з поступовим удосконаленням технологій.

Однак, якщо аналізувати вихід кормових одиниць з гектара в середньому за три останніх роки перед контрольними датами, який приблизно характеризує значимість кормових культур для скотарства, можна зробити майже однозначний висновок: в умовах, що склалися у ФГ «Альфа», найбільш ефективно використовувати в якості основних видів кормів для худоби кукурудзу на зерно і на силос, озиму пшеницю, горох та багаторічні трави на зелену масу й сінаж.

Вказані культури забезпечують найвищий вихід кормових одиниць з гектара та мають відносно низьку собівартість.

Якщо аналізувати більш конкретно, то можна виявити однозначного лідера за виходом кормових одиниць з гектара – це кукурудза на зерно, яка в середньому за 3 роки (2012-2014) забезпечила вихід 90,6 ц кормових одиниць з гектара. Порівняно з періодом 5-7-річної давнини ця культура практично не змінила своєї урожайності. Отримані дані щодо кукурудзи як найурожайнішої зернової культури узгоджуються з результатами досліджень низки вчених із різних країн та зон [2, 6]. Крім того, ефективність вирощування цієї культури підтверджується ще й тим, що вона займає перше місце серед зернових культур за об'ємами українського експорту [8].

А ось щодо кукурудзи на силос та зелену масу, то її урожайність знизилася у порівнянні з попередньою п'ятирічкою більш ніж удвічі (з 79,2 ц.к.од./га до 34,9 ц.к.од./га). Найімовірніше це відбулося внаслідок погіршення останнім часом погодних умов. Отже, доцільно звертати увагу на відновлення рівнів урожайності кукурудзи на силос і зелену масу, які мали місце раніше. Тим більше, що кукурудза на зелену масу та силос надає також додаткові економічні переваги та прибутки власникам худоби порівняно з кукурудзою на зерно [4].

Другою за виходом кормових одиниць з гектара йде озима пшениця (близько 72,8 ц.к.од./га). Ця культура поліпшила свою урожайність як порівняно з 2007-2009 роками (на 41%), так і протягом 2012-2014 років.

Ярі зернові (особливо овес) за виходом кормових одиниць (34-55 ц.к.од./га) поступаються озимим; тому раціональним можна вважати те, що в останні роки у господарстві взагалі відмовилися від посівів вівса.

Багаторічні трави на зелену масу, сіно та сінаж дають змогу отримати найдешевші корми в розрахунку на кормову одиницю. До достоїнств цих вегетативних кормів можна віднести й високий вміст у них протеїну [1]. Однак

вихід кормових одиниць в середньому за три роки (2012-2014) 30,0 ц к.од./га займає передостанню сходинку серед вирощуваних видів кормів.

Найнижчий вихід кормових одиниць з гектара дають однорічні трави на сіно і зелену масу (6,5 ц к.од./га).

Порівняно з періодом 5-7 років тому, позитивним моментом слід визнати суттєве зростання останнім часом урожайності зерна гороху (35,5 ц к.од./га), який є хорошим протеїновим кормом і може бути ефективно використаний при балансуванні раціонів за показниками протеїну.

Однак слід зауважити, що більшість вирощуваних та використовуваних у ФГ "Альфа" кормів (окрім покупних кормових добавок) характеризуються низькою часткою найбажанішого нерозщеплюваного в рубці протеїну. Натомість особливо багато в застосовуваних концентрованих кормах протеїну, який добре розщеплюється в рубці: велика частка такого (менш бажаного) протеїну міститься у соняшниковій макусі, необробленому термічно зерні гороху, ячменю та пшениці.

А оскільки нерозщеплюваний в рубці протеїн дуже важливий для годівлі високопродуктивних корів [3], вважаємо що в таких кормових умовах раціональним є ширше застосування в раціонах кормів з високим вмістом протеїну такого виду. В першу чергу до таких кормів в умовах України можна віднести термічно оброблене зерно бобових – сої та в меншій мірі гороху, а також деякі продукти переробки зерна цих культур. Для впровадження цих заходів є смисл розглядати можливість та доцільність вирощування в господарстві зерна сої та в більших обсягах – гороху. Крім того, слід вивчити та порівняти різні варіанти застосування термічної обробки зерна.

До доступних концкормів, які містять меншу кількість протеїну, але в яких частка нерозщеплюваного в рубці протеїну досить висока, відноситься зерно кукурудзи, деякі продукти переробки зерна кукурудзи та пивна дробина. Вказані корми також доцільно ширше використовувати в годівлі та при розробці раціонів для великої рогатої худоби.

Висновки. Найвищим виходом кормових одиниць з гектара в умовах фермерського господарства «Альфа» Харківської області протягом 8 років досліджень характеризувалася кукурудза на зерно, яка забезпечила порядку 90 центнерів кормових одиниць з гектара. Другий результат за виходом кормових одиниць з гектара показала озима пшениця – близько 73 ц.к.од./га.

Урожайність основної вегетативної кормової культури – кукурудзи на силос та зелену масу – протягом восьми років спостережень знизилася з 79,2 ц.к.од./га до 34,9 ц.к.од./га, найімовірніше внаслідок погіршення останнім часом погодних умов. Другою за виходом кормових одиниць з гектара йде озима пшениця (близько 72,8 ц.к.од./га). Ця культура поліпшила свою урожайність як порівняно з 2007-2009 роками (на 41%), так і протягом 2012-2014 років.

Бібліографія

1. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine; Division on Earth and Life Studies; Board on Agriculture and Natural Resources; Committee on Nutrient Requirements of Dairy Cattle. (2021). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition*. National Academies Press (US). Washington (DC): National Academies Press (US), <https://doi.org/10.17226/25806>.
2. Zampaligré, N., Yoda, G., Delma, J., Sanfo, A., Balehegn, M., Rios, E., Dubeux, J.C., Boote, K., & Adesogan, A.T. (2022). Fodder biomass, nutritive value, and grain yield of dual-purpose improved cereal crops in Burkina Faso. *Agronomy Journal*, 114(1), 115-125. <https://doi.org/10.1002/agj2.20860>.
3. Ruban, S.Yu., Perekrestova, A.V., Shablia, V.P., & Bochkov, V.M. (2018). Feed conversion efficiency in different groups of dairy cows. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 124–129. https://doi.org/10.15421/2018_196.
4. Wang, S., Liu, C., Han, L., Li, T., Yang, G., & Chen, T. (2022). Corn Grain or Corn Silage: Effects of the Grain-to-Fodder Crop Conversion Program on Farmers' Income in China. *Agriculture*, 12, 976. <https://doi.org/10.3390/agriculture12070976>.
5. Вінюков, О.О., Горбатих, В.В., Дубін, Р.А., Марков, Р.В., Пархоменко, Л.І., Сенчук, Н.Д., Скурідін, В.Л., Тимчук, В.М., Халін, С.Ф., Шабля, В.П. *Школа Фермерства 2.0: практичний порадник*. 2-ге вид., доп. Сєверодонецьк, 2021. – 380 с.
6. Здольник Н.В., & Гопчак В.О. Кукурудза – вигідна культура. <http://babushkinsad.kiev.ua/2016/12/06/5082.html>
7. Помітун, І.А., Марченко, В.А., Адмін, О.Є., Юрченко, С.Г., Бовсуновський, В.В., Міненко, К.В., Канцевич, С.І., Кукла, О.Л., Петля, М.І., Гребень, Л.Г., Антоненко, С.Ф., Прозоров, Р.Г., Жукорський, О.М., Костенко, О.І., Шабля, В.П., Савран, В.П., Трішин, О.К., Піскун, В.І., Гончаренко, Л.В., Фененко, А.І., Смоляр, В.І., Дріго, В.О., Завгородній, А.І., Полупан, Ю.П., Чигринов, Є.І., Панченко, О.М., & Зволейко, Д.В. (2015). Техніко-економічні параметри та планувальні рішення реконструкції і нового будівництва молочних ферм: довідник. Харків, НААН, Інститут тваринництва, 2015. – 376 с.
8. Ходан, О.В., & Глущенко, Я.І. (2016). Оцінювання експортного потенціалу агропромислового комплексу України. *Ефективна економіка*, (6), <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=5052>.
9. Шабля, В.П., Шабля, П.В., & Задорожна, І.Ю. (2023). Листостеблова маса кукурудзи як резерв для кормовиробництва, годівлі та утримання тварин. «Розвиток галузі тваринництва: інновації, проблеми, перспективи»: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції науковців, викладачів та аспірантів 4–6 липня 2023 року. – Харків, Державний біотехнологічний університет, 2023. – С. 15-18. <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2023/08/materialy-conf-4-6-07-23.pdf>
10. Шабля, В.П., Шабля, П.В., & Задорожна, І.Ю. (2024). Роль вівчарства і козівництва у відновленні деокупованих та постраждалих від військових дій територій. «Відновлення та інноваційний розвиток тваринництва в умовах сучасних викликів»: Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції науковців, викладачів та аспірантів 23–24 квітня 2024 року. – Харків, Державний біотехнологічний університет, 2024. <http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/>

Iryna Bidnyna^{1,2}, Vira Borovik¹, Pavlo Lykhovyd¹, Oleksandr Uhrin¹
SPECIFICS OF NEW SOYBEAN VARIETIES BREEDING IN THE CONDITIONS
OF THE SOUTH OF UKRAINE

¹*Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine;*

²*National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

E-mail: irinabidnina@ukr.net; veraborovik@meta.ua; pavel.likhovid@gmail.com; aleksandr.ugrin@gmail.com

Keywords: *plant collection nursery, hybridization nursery, plant breeding nursery, control nursery, primary variety testing, competitive variety testing*

Introduction. The value of the variety has increased particularly under the conditions of global warming, when air and soil temperatures rise significantly and very often there are long periods between rains. Such weather events, even with irrigation, cause stress to plants and a sharp reduction in their productivity, the spread of diseases and pests and a deterioration in the quality of the product. Experts predict that these negative factors will increase in the near future because they are linked to anthropogenic factors [1, 2].

Therefore, soybean plant breeding at the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (ICSA NAAS) is aimed at creating new competitive varieties with increased adaptation potential for cultivation in irrigated areas of southern Ukraine, optimised morphological characteristics and properties (height, multiple flowering, resistance to lodging and diseases, high photosynthetic activity of the leaf apparatus, adaptability, increased atmospheric nitrogen fixation). This will make it possible to increase the yield of crops by 10-15%, to improve their quality, to increase the yield of protein and oil in comparison with existing varieties, and to effectively develop domestic agricultural production, which is of great social and economic importance.

The creation of a new variety is impossible without the identification of soybean samples based on complex traits, the selection and research of highly productive hybrid material adapted to the conditions of climate change, which determines the importance of the scientific work presented.

Materials and methods. The study was carried out during 2020-2023 at the ICSA NAAS Plant Breeding Department according to the methods of State Variety Testing [3]; the statistical processing of the experimental data was carried out according to the common methodology of research work in agronomy [5]. The morpho-biological and economic characteristics of the plant samples were determined using a uniform classifier [4].

The cultivation technique used in the trial was based on that generally accepted for soya beans grown under irrigated conditions. Ploughing was carried out to a depth of 27-30 cm. Frontier Optima herbicide (1.4 L/ha) was applied before sowing. The F1 hybrid seed was sown manually, while the rest of the seed was sown with the

SKS-6-10 seed drill. The national standard soybean variety Diona was used for the group of extremely early varieties, Danaya for the early and mid-early varieties and Deimos for the mid-ripening varieties. During the growing season, 6-7 irrigations were carried out at a rate of 40-60 mm, the first inter-row cultivation was carried out and manual weeding was carried out if necessary. The collection, hybrid and breeding nurseries were harvested manually, while the control, competitive and ecological variety test plots were harvested with the Sampo-130 self-propelled harvester.

Results and discussion. Four new soybean samples were tested: UKR006:00870 Evredika, UKR006:00871 Avrora, UKR006:00872 Pivdenna zoria, UKR006:00873 Orfei. Based on the results of the research, the sources of valuable features were selected. Samples UKR006:00870 Evredika, UKR006:00873 Orfei, UKR006:00871 Avrora, UKR006:00872 Pivdenna zoria were characterised by "short" growing season (104-109 days); UKR006:00872 Pivdenna zoria - "high" lower pod placement (12.8 cm); UKR006:00871 Avrora - "high yield" (34.8 g). The complex of economically valuable characteristics was recorded for UKR006:00872 Pivdenna zoria – short growing season and "high" lower pod placement; UKR006:00871 Avrora – short growing season and high yielding capacity.

Intraspecific hybridisation was carried out in 12 combinations in two ways: with pollen removal from the flowers of the mother plants and without pollen removal. The best hybridisation method was with pollen removal in the flowers of the mother plants: the percentage of bean set was 15.3% higher than in plants where pollen was not removed. A total of 463 flowers were pollinated (with anther dehiscence – 365, without anther dehiscence – 98). The average percentage of bean set was 30.2%. Intraspecific hybridisation resulted in 119 hybrid seeds.

The plant breeding process for creating new high-yielding soybean varieties was studied (nursery: collection, hybrid F1-F4, plant breeding, control, ecological and competitive variety testing), the best combinations and promising lines for further breeding work were determined. In the hybridisation nursery of the 4th generation (F4) the following combinations were distinguished (according to ripening speed): 1216(8)95 / Faeton, Melpomena / Sprynt, Romashka / Yuvileina, yug-30 / Ustia. In the mid-ripening group in the F4 nursery, the following lines and combinations were determined by the number of valuable characteristics: Silesia / Aratta, Liubava / Femida, Silesia / Sviatohor, Donka / Danaya, including the combinations that exceeded the standard yield (314 g) by 83.0-166.0 g. In the early maturing group we included 571(3)18 Monarkh / Masha, 576(9)18, 577(2)18 Monarkh / Femida, 578(2)18 Lambert / Odeska 150, 581(6)18 Yug-40 / Arkadiya Odeska. The best by the weight of seeds in the nursery were 1635/00 / Melpomena, Lambert / Odeska 150, Liubava / Oksana, 1635/00 / Melpomena, Liubava / Oksana, Lambert / Odeska 150, Liubava / Femida, which exceeded 4 neighbouring standards by 201.0, 241.0, 262.0, 161.0 g or by 59.1, 70.9, 77.0, 47.0 %, respectively. Mid-early lines from the control nursery Monarkh / Faeton, ID / Danaya, Diona / Lehenda, Yug-30 / Faeton produced the highest yields,

exceeding the standard variety by 0.16-0.40 t/ha. In the ecological variety trial the yields of the early maturing varieties Panna, Faeton, Monarkh, Khutorianochka, Monada, Ranok, Sprytna, Kano, Yasochka were equal to the yields of the standard variety Diona, while the remaining varieties had lower yields. The highest yield in the mid-ripening group was recorded for the variety Sviatohor – 4.60 t/ha – developed by ICSA NAAS breeders.

Conclusions. Based on the results of the study, the sources of valuable characteristics are selected. Samples UKR006:00870 Evridika, UKR006:00873 Orfei, UKR006:00871 Avrora, UKR006:00872 Pivdenna zoria were characterised by short growing season; UKR006:00872 Pivdenna zoria – "high" lower pod placement; UKR006:00871 Avrora – high yielding capacity. The set of economically valuable characteristics was attributed to samples UKR006:00872 Pivdenna zoria and UKR006:00871 Avrora.

References

1. Kotecki, A., & Lewandowska, S. (Eds.) (2020). *Studia nad uprawą soi zwyczajnej (Glycine max (L.) Merrill) w południowo-zachodniej Polsce [Studies on the Cultivation of Soybean (Glycine max (L.) Merrill) in South-Western Poland]*. Wyd. UP Wrocław, Wrocław. <https://doi.org/10.30825/1.15.2020>, ISBN: 978-83-7717-346-6.
2. Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S. J., Esker, P., McRoberts, N., & Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, 3, 430-439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>.
3. Волкодав, В.В. (2001). *Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Випуск третій (олійні, технічні, прядильні та кормові культури)*. Київ: АЛЕФА. – 76 с.
4. Кобизева, Л.Н., Рябчун, В.К., Безутла, О.М., Дрепіна, Т.О., Дрепін, І.М., Потьомкіна, Л.М., Сокол, Т.В., Божко, Т.М., Садовой, О.О., & Білявська, Л.Г. (2004). *Широкий уніфікований класифікатор роду Glycine max (L.) Merr.* Харків. – 38 с.
5. Вожегова, Р.А., Лавриненко, Ю.О., & Малярчук, М.П. (2014). *Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях*. Херсон: Грінь Д.С. – 286 с.

Vitaliy Petrash, Iryna Tkachova, Valeriy Marchenko

PARAMETERS OF MICROBIAL CONTAMINATION OF MILK IN RELATION TO MODERN QUALITY STANDARDS

Livestock Farming Institute of the National Academy of Agrarian Sciences, 61-026 Kharkiv, Ukraine; E-mail: tkachova_i@i.ua

Keywords: *cattle, quality of cow's milk, microbial contamination, somatic cells*

Introduction. Food safety is the foundation of the health of every nation in the world. Raw milk is one of the main products that become a source of foodborne disease outbreaks, especially in low-income countries, due to the tradition of raw milk consumption and the lack of necessary equipment for its processing [1-2, 5]. In addition, numerous microorganisms with different patterns of drug resistance have emerged in recent years, posing challenges for disease treatment [3]. Antibiotics, which are widely used by farmers in animal husbandry and later end up in food, cause even more damage to human health [4]. In addition to food safety, milk quality

is an important factor in the marketing and industrial sectors. In most countries, legislation sets minimum requirements for milk constituents and standards that ensure added value if they are satisfactory. Producers therefore need to implement strategies to ensure the best quality of milk in the production process and to reap the economic benefits. High standards of quality and safety of dairy raw materials, which are the norm for the world's leading producers, should be integrated into domestic production as soon as possible [7].

The effects of milk and dairy products on human health are therefore of relative importance and have been the subject of many studies, both as food and as ingredients. Therefore, the aim of this study was to determine the parameters of microbial contamination of milk in relation to modern quality standards.

Materials and methods. The systematic review of scientific sources was carried out by searching the databases Scopus, Web of Sciences, Google Scholar, etc. for publications in Ukrainian and English language published in recent years according to the inclusion criteria. The systematisation of the published data was carried out with the aim of accumulating modern scientific knowledge on the factors influencing the quality of dairy products by microbial contamination, in order to further develop our own methodological basis for research in this direction in domestic conditions, taking into account international experience.

Results and discussion. An analysis of milk production in Ukraine over the past 30 years shows a negative trend in milk production volume, but this is offset by an increase in average annual milk yields for farms of all categories, both large-scale and household. This indicates an increase in the quality of genetic material entering Ukrainian farms and an improvement in the feeding system.

In 2014, an Association Agreement was signed between Ukraine and the EU, under which Ukraine had to harmonise its legislation with EU rules, in particular Regulation (EC) No 853/2004, which lays down specific hygiene rules for food, including milk and dairy products. However, the signing of the agreement did not take into account the real situation in households in our country. In the countries of the European Union, unlike in Ukraine, it is not common to have a single cow from which milk is produced, it is more common to have family farms with 25-50 cows (Poland, Baltic countries), 50-100 cows (Scandinavian countries). This type of farming requires the mechanisation of the processes of keeping and milking the cows and, consequently, the installation of equipment to obtain high quality raw milk. In the EU member states, for more than twenty years, the average actual indicators of the number of microorganisms in raw milk are 20-50 thousand/ml, and the number of somatic cells does not exceed 200 thousand/ml. In Ukraine, at the time of the signing of the Agreement, the requirements for raw milk were regulated by the national standard "Whole Cow's Milk. Requirements for procurement". According to this standard, raw milk was divided into three grades: high, first and second. Second class milk was mainly supplied to the milk processing plants by households (80%), its total bacterial count was allowed to be 3000 thousand/cm³ and its somatic cell count was

allowed to be 800 thousand/cm³. Obviously, according to European standards, such milk is considered too bacterially contaminated and unsuitable for the production of dairy products for human consumption.

The need to come closer to European standards contributed to the introduction of new requirements for raw materials used in the production of dairy products. Therefore, in 2015, a national standard was introduced to replace it, the only change being the introduction of the "Extra" grade, the quality of which meets the hygiene requirements of the EU regulation. This proved to be insufficient, as it allowed the production of inferior quality milk, so in 2018 a new national standard came into force, strengthening the requirements for the raw milk production process and its quality. The new evaluation system divides milk into three grades: extra, high and first. The introduction of the new standard fully integrates the EU requirements with the national requirements and also gives producers the opportunity to gradually reach the new quality standards.

With the support of the Swiss State Secretariat for Economic Affairs (SECO), a new programme "Development of trade with higher added value in the organic and dairy sector of Ukraine" was implemented in Ukraine in 2019. One of the main tasks of the "dairy component" of the programme was to promote the provision of an effective system of public and private control over the production of safe milk. In cooperation with the Ministry of Agrarian Policy and the State Service for Production and Consumption, the technical assistance programme was expected to further develop and implement the national raw milk control programme in accordance with the approved requirements for the safety and quality of milk, with wide coverage of the target audience, in order to raise awareness of the importance of safe milk production. According to the gradual transition to European standards from 1 January 2024, the minimum requirements for milk suitable for food processing should meet the following criteria: total bacterial contamination – ≤ 100 thousand/ml, number of somatic cells – ≤ 400 thousand/ml, freezing point – $\leq -0.520^{\circ}\text{C}$, also food milk should not contain inhibitors. It should be noted that the requirements were planned to be increased gradually, but the gradual transition periods were postponed due to the introduction of martial law. Nevertheless, in recent years the quality of milk purchased from industrial farms has improved, and the share of "extra" and "high" quality milk is increasing, which is explained by the creation of suitable conditions on dairy farms for obtaining higher quality milk. Modern automated systems for managing the processes of feeding and housing cows make it possible to control the health of the animals and, consequently, the quality of the milk.

The task of Ukraine, which aims to join the EU as soon as possible, is to implement these standards. To this end, on 12 March 2019, the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine issued the Order "On Approval of Requirements for the Safety and Quality of Milk and Milk Products". This decree has been repeatedly amended in order to improve milk quality requirements specifically in the conditions

of Ukraine. The new requirements set criteria which, if exceeded, prevent milk from being sold.

As we can see, the main milk quality criteria used in the EU are total bacterial count, somatic cell count, freezing point, fat and protein content. These criteria are important not only for raw milk but also for the production of butter, cheese and fermented milk products. It is worth noting that in the developed countries of the world, milk quality requirements are even stricter. For example, the total bacterial contamination of milk should not exceed $\leq 10,000/\text{ml}$ in the USA, $\leq 20,000/\text{ml}$ in the UK and Norway, and $\leq 20,000/\text{ml}$ in Germany. In addition, European countries such as Finland measure the level of cold-resistant bacteria (psychrotrophs) (not higher than ≤ 20 thousand/ml), which are the most resistant and harmful. Psychrotrophs and *Listeria* can multiply even when milk is stored in refrigerators [9]. It should be noted that raw whole milk has the lowest content of psychrotrophic microflora in summer, and its content increases threefold in spring and autumn. Thus, the content of psychrotrophic microorganisms up to 5.0×10^3 CFU/cm³ in fresh milk can be considered as a hygienic quality and safety standard, which characterises the suitability of milk for cooling and storage. The content of psychrotrophic microorganisms in cooled milk before processing up to 7.5×10^4 CFU/cm³ is an indicator of its technological quality, indicating a moderate level of lipolysis at which milk is suitable for processing into all types of dairy products.

It is known that milk in the lumen of the alveoli of a healthy cow is considered sterile, in such milk there are only lactic acid bacteria in the amount of 10-50 cells/ml, in the ducts and the udder cistern their number is much higher – 10 thousand/ml, in the teats it is even higher - 10 million/ml. It is precisely because of such a high number of bacteria in the teats that it is important to milk the first milk streams in a separate container, which allows the total bacteria content to be reduced to 10,000/ml. In addition to contamination of the external surface of the udder and teats, some potentially pathogenic microorganisms (*Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Corynebacterium*) can colonise the mammary glands without causing symptoms. In addition, by analysing the first milk flows, cows suffering from mastitis and other diseases can be detected in time. If the animal has a systemic infection, bacteria can enter the milk through the circulatory system. After milking, the number of bacteria in the milk doubles every 20 minutes. Cooling the milk to 4°C immediately after milking prevents the growth of micro-organisms.

Bacteria in milk are classified as beneficial, harmful and pathogenic. Pathogenic bacteria (*Mycobacterium bovis*, *Brucella abortus*, *Coxiella burnettii*, *Staphylococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *Aeromonas*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Campylobacter jejuni*) can cause serious diseases through the consumption of raw milk, including tuberculosis, brucellosis, staphylococcal toxicosis, etc. As mentioned above, the most important thing is to avoid endospore-forming bacteria (*Bacillus*, *Paenibacillus*, *Staphylococcus aureus*, *Sporosarcina spp.*, *Listeria monocytogenes*, etc.), which can survive even short-term high-temperature pasteurisation. These micro-organisms are capable

of producing thermostable enterotoxins [6]. The potential for psychrotrophic bacteria to invade the milk production and processing system is a pressing issue that requires a comprehensive solution if high quality milk is to be obtained.

The microbial contamination of milk is directly related to temperature. Fresh milk has a temperature of about 35°C and has bactericidal properties due to the presence of natural antitoxins, immune bodies, bacteriolysins, etc. However, the storage of milk at high temperatures contributes to the rapid and intensive growth of bacteria, especially during long term transport. Rodney J. Feliciano et al. [8] state that heat stress increases the susceptibility of cows to microbial contamination and consequently the bacterial contamination of milk. Therefore, in order to preserve the quality of raw milk, it is necessary to maintain a low temperature prior to processing. Cleanliness of milking equipment, cleaning and disinfection of udders, teats and milking cups contribute to the reduction of bacterial contamination of milk and to a longer storage time before first processing [10].

Toxic compounds produced during milk fermentation are very dangerous to human health, such as mycotoxins produced by mycelial fungi (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*) and biogenic amines (products of bacterial metabolism). Mycotoxins enter milk from feed contaminated in the field or during harvesting. The most dangerous mycotoxin is aflatoxin, a potent carcinogen, a polyketide produced by the fungi *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*, which enters milk through damaged cereals (aflatoxin B1), is converted in the liver of lactating cows (aflatoxin M1) and is excreted through the mammary gland.

Biogenic amines are low molecular weight nitrogenous organic bases with biological activity, synthesised mainly by decarboxylation of the corresponding amino acids. The most important and common biogenic amines found in dairy products are histamine, tyramine and putrescine, which are formed by the decarboxylation of histidine, tyrosine and ornithine, respectively.

The specific problem in the dairy industry related to microbiological contamination of milk is an increase in the somatic cell count in milk, which is associated with a violation of the physiological state of the cow's udder. In dairy farms of developed countries (USA, Canada, EU) the level of somatic cells in milk is considered an important indicator and is used to control mastitis, manage milk quality and safety, and adjust the conditions of its production, while in Ukraine this indicator is used mainly to determine the quality of raw milk. The indicator of the number of somatic cells in milk is related to the bacterial contamination of milk and is the main indicator of the presence of infection in the cow's body if it exceeds 100,000/ml. If this indicator exceeds 200,000/ml, it indicates the activation of the immune system in response to the infection. In most cases, an increase in the somatic cell count in milk indicates subclinical mastitis, which is asymptomatic but associated with a decrease in milk yield, followed by clinical mastitis with serious consequences for the cow's health and production losses. Mastitis is caused by coliforms, enterococci, streptococci (*Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysgalactiae*,

Streptococcus usuberis), staphylococci (*Staphylococcus aureus*) and *Klebsiella* spp. Therefore, regular monitoring of somatic cell counts in milk makes it possible to detect animals in the early stages of disease, identify the causative agent, treat them more effectively and prevent the disease from spreading through the herd. Somatic cells in milk are mainly represented by lymphocytes, macrophages and polymorphonuclear neutrophils, and it is advisable to differentiate them by species for more accurate control of udder condition and prevention of mastitis.

Therefore, the number of somatic cells in the milk of cows and their differentiation by species are additional criteria for predicting and monitoring mastitis. The most promising direction in solving the problem of increasing the somatic cell content of milk is the determination of the relationships between the synthesis of milk components in the udder and the physiological state of the cow, as well as the development of express methods for diagnosing mastitis. Research in this area will also enable the genetic determinants of cow susceptibility to mastitis pathogens to be identified and, in the future, targeted selection to be carried out.

Conclusions. The need to approach European standards has contributed to the introduction of new requirements for raw materials used in the production of dairy products. To this end, a series of documents have been drawn up and implemented over the last decade to regulate the gradual transition to the European Union's requirements for milk quality, the main criteria of which are general bacterial insemination, somatic cell count, freezing point, fat and protein content.

The main ways of bacterial contamination of milk are indicated: sanitary condition of milking equipment (35.0%), speed and quality of cooling (35.0%), cleanliness and physiological condition of the udder (10.0%), influence of housing and feeding technology (10.0%), water quality (5.0%), human factor (5.0%), causes of contamination and means of its prevention are formulated. Special attention is paid to the determination of the level of cold-resistant bacteria (psychrotrophs) in milk, which are the most resistant and harmful, and this factor is determined separately in European countries with a developed dairy industry. The specific problem in the dairy industry related to microbiological contamination of milk is an increase in the somatic cell count in milk, associated with a violation of the physiological state of the cow's udder. The number of somatic cells in the milk of cows and their differentiation by species are additional criteria for predicting and monitoring mastitis.

The most promising direction in solving the problem of increasing the somatic cell content of milk is the determination of the relationships between the synthesis of milk components in the udder and the physiological state of the cow, as well as the development of express methods for the diagnosis of mastitis. Research in this area will also enable the genetic determinants of cow susceptibility to mastitis pathogens to be identified and, in the future, targeted selection to be carried out.

References

1. Algammal, A. M., Enany, M. E., El-Tarabili, R. M., Ghobashy, M. O. I., & Helmy, Y. A. (2020). Prevalence, Antimicrobial Resistance Profiles, Virulence and Enterotoxins-Determinant Genes of

- MRSA Isolated from Subclinical Bovine Mastitis in Egypt. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 9(5), 362. <https://doi.org/10.3390/pathogens9050362>.
2. Aliyo, A., Seyoum, A., & Teklemariam, Z. (2022). Bacteriological Quality and Antimicrobial Susceptibility Patterns Among Raw Milk Producers and Vendors in Gomole District, Borena Zone, Southern Ethiopia. *Infection and drug resistance*, 15, 2589–2602. <https://doi.org/10.2147/IDR.S364578>.
 3. Asfaw, T., Genetu, D., Shenkute, D., Shenkutie, T. T., Amare, Y. E., Habteweld, H. A., & Yitayew, B. (2023). Pathogenic Bacteria and Their Antibiotic Resistance Patterns in Milk, Yoghurt and Milk Contact Surfaces in Debre Berhan Town, Ethiopia. *Infection and drug resistance*, 16, 4297–4309. <https://doi.org/10.2147/IDR.S418793>.
 4. Bastam, M. M., Jalili, M., Pakzad, I., Maleki, A., & Ghafourian, S. (2021). Pathogenic bacteria in cheese, raw and pasteurised milk. *Veterinary medicine and science*, 7(6), 2445–2449. <https://doi.org/10.1002/vms3.604>.
 5. Deddefo, A., Mamo, G., Asfaw, M., & Amenu, K. (2023). Factors affecting the microbiological quality and contamination of farm bulk milk by *Staphylococcus aureus* in dairy farms in Asella, Ethiopia. *BMC microbiology*, 23(1), 65. <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02746-0>.
 6. Kukhtyn, M., Horiuk, Y., Salata, V., Klymyk, V., Vorozhbit, N., & Rushchinskaya, T. (2021). *Staphylococcus aureus* of raw cow's milk. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 23(102), 53-59. <https://doi.org/10.32718/nvlvet10208>.
 7. Palii, A.P., Paliy, A.P., Rodionova, K.O., Zolotaryova, S.A., Kushch, L.L., Borovkova, V.M., Kazakov, M.V., Pavlenko, I.S., Kovalchuk, Y.O., Kalabska, V.S., Kovalenko, O.V., Pobirchenko, O.M., & Umrihina, O.S. (2020). Microbial contamination of cow's milk and operator hygiene. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(2), 392-397. https://doi.org/10.15421/2020_113.
 8. Feliciano, R. J., Boué, G., & Membré, J. M. (2020). Overview of the Potential Impacts of Climate Change on the Microbial Safety of the Dairy Industry. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(12), 1794. <https://doi.org/10.3390/foods9121794>.
 9. Tomar O., & Akarca G. (2018). Critical control points and food pathogen presence in dairy plants from Turkey. *Food Science and Technology*, 39(2): 444-450. <https://doi.org/10.1590/fst.29717>.
 10. Vargova, M., Vyrostkova, J., Lakticova, K. V., & Zigo, F. (2023). Effectiveness of sanitation regime in a milking parlour to control microbial contamination of teats and surfaces teat cups'. *Annals of agricultural and environmental medicine: AAEM*, 30(1), 55–60. <https://doi.org/10.26444/aaem/161037>.

Valentina Samokhvalova¹, Olga Bondareva², Oleksandr Vinyukov²
METHOD FOR ENSURING THE SAFETY OF AGRICULTURAL PRODUCTS
UNDER MILITARY AND TECHNOGENIC INFLUENCES
ON SOIL-PLANT SYSTEM

¹NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky",
Kharkiv, 61024, Ukraine;

²Donetsk State Agricultural Science Station of the NAAS of Ukraine,
Pokrovsk, 85307, Donetsk region, Ukraine

E-mail: v.samokhvalova.com@gmail.com; olbraun58gm17@gmail.com

Keywords: method, bioremediation, soil-plant system, military and technogenic influences

Introduction. In the context of ensuring environmental and food security in Ukraine, important basic elements are: (1) Determination of the impact of military actions on the agro-ecological condition of agricultural lands; (2) Development of methodological and methodical bases for diagnosis, estimation, forecasting of soil

quality of land parcels and plant products in the territories of military and man-made influences and chemical pollution; (3) Further development of agricultural systems and use of soil resources under the conditions of military and man-made influences. Among the scientific priorities during the period of martial law and post-war reconstruction of Ukraine, it is necessary to emphasize: (1) research on the impact of armed aggression and military operations on the current state of soils and plants in agrocenoses, (2) testing of current methods of ecological rehabilitation of the chemically polluted soil-plant system, and (3) development of new tools for the problems of protection and management of soil resources, methods of regulation of chemical pollution in the soil-plant system.

Materials and methods. The approval of the patented method in the new conditions of military and artificial influences on the soil-plant system was carried out within the framework of the task 01.02.02.01.F. "Development of scientific and methodical bases of monitoring, ecological standardisation of quality and remediation of chemically contaminated soils as a basis of soil and ecological management", № 0121U108037, 2021-2025. Approved research objects – the method of activation of biological potential of soil by bioremediation of soil – soil microorganism – plant contaminated M system (utility model patent №132724, 2019) [1], biopreparation Haupsyn BT with active strains B – 306 and B – 111 of bacteria of the species *Pseudomonas aureofaciens* for introduction into soil, feeding plants in the phase of their active growth and development; Soils of plots of land (mainly black soils, common low-humus light loams on loams) as part of agro-landscapes in areas subject to constant, periodic exposure to chemical pollution and potential risk of pollution in zones affected by man-made emissions of DTEK Kurakhivska TPP LLC; separate disturbed plots of land in Volnovasky and Pokrovsky districts of Donetsk region as a result of MLRS shelling and rocket attacks. The test crop – winter wheat (*Triticum aestivum* L.), barley (*Hordeum vulgare* L.). Research methods: field research methods; current certified and standardised in Ukraine chemical-analytical methods for determining the characteristics of soil properties and the quality of plant products; computational-analytical and comparative methods.

Results and discussion. The results of the research on the approval of the method of activation of the biological potential of the soil by bioremediation of the soil-plant system contaminated by heavy metals (HM) revealed the migration of Zn, Cu, Pb and Cd from the soil to the plants of *Triticum aestivum* L. The decrease in the level of air pollution was observed with the distance from the centre of emission of pollutants of DTEK Kurakhivska TPP LLC, reaching the background level at a distance of 10-15 km to 30-40 km. The destruction of the ground surface with the formation of craters in the places of shell explosions, clogging with metal debris, contamination with chemical substances was revealed. The obtained results of soil samples indicate an excess of the background concentrations of pollutants in the soil in the places of hostilities by 1.1-1.3 times for Hg, Cd, Pb, in the places of shell or funnel impacts the excess reached 7-17 times.

The existing trenches formed by various types of weapons used by the aggressor during massive shelling of the investigated area were studied and the characteristics of the trenches were classified according to the tactical and technical characteristics of the types of weapons. It was established that the largest number of craters in the investigated areas was created during the shelling with the Grad system, field and self-propelled howitzers; calibre 120 mm and mortars with 82 mm fragmentation shells and high-explosive fragmentation mines; calibre 82 mm. The applied method of biological remediation of HM contamination in the soil-plant system is based on the activation of the biological (microbiological, biochemical) potential of technogenically contaminated soils using a new property of the biological preparation *Haupsyn BT*; on the creation and use of specific microbial-plant associations for increasing the biological effectiveness of the applied biological preparation and restoring the productivity of cultivated plants under conditions of chemical contamination.

The results of phenological observations for studying the influence of *Haupsyn BT* on the yield of *Triticum aestivum* and indicators of grain quality and ecological safety on chemically contaminated soils showed a positive effect of the proposed algorithm for using *Haupsyn BT* on chemically contaminated soils on indicators of crop structure – field germination and bushiness of the test crop. Field germination of wheat increased by 3.5% compared to the control; the bushiness index of the test crop increased from 1.9 (control) to 2.8 (option of using *Haupsyn BT*). The bushiness coefficient increased to 1.6-1.8 compared to the productive bushiness of 1.4 in the control. The degree of technogenic influence of the Kurakhivskaya TPP on the agrophytocenosis of *Triticum aestivum*, taking into account the application of *Haupsyn BT* in the soil-plant system under the conditions of exposure to chemical pollution and military factor, was determined in the experimental areas (0-3 km, 3-10 km according to the average annual wind rose and the greatest dispersion of HM emissions).

The positive effect of the application of the biological preparation on the indicators of the increase in the yield of the experimental crop in comparison with the control was noted, which indicates the recovery of the productivity of the phytocenosis crops. It was established that the application of the biological preparation *Haupsyn BT* by the proposed method in the soil-plant system under the conditions of the influence of pollutant emissions from the Kurakhivskaya TPP contributed to the reduction of Cd content in wheat grain by 36,4%, vegetative mass – by 42%. It was found that under military influence and chemical contamination of the soil-plant system with HM, the application of the proposed method of biological remediation helped to reduce the content of Cd in barley grain by 27.3%, in vegetative mass – by 29%. In case of chemical contamination of HM, application of biological preparation *Haupsyn BT* resulted in reduction of Pb content in barley grain by 31%, in vegetative mass – by 38%; under military influence – reduction of Pb content was 35% and 31%, respectively. The content of the metal toxicant Zn in the test plants also decreased with the use of *Haupsyn BT* in the investigated zones of pollutant emissions

from energy production. In particular, there was a 33% reduction in the grain content and an 18.4% reduction in the vegetative mass of winter wheat. Under the influence of the military factor, the use of the proposed *Haupsyn BT* resulted in a 24% reduction in Zn content in the grain and 32% in the vegetative mass of the test crop.

Conclusions. The results of the approval of the method established: (1) the bioremediation effect of the biological preparation in the contaminated soil-plant system by intensifying the bioremediation processes and restoring the plant productivity according to the indicators of the increase in the yield of the test crop and on the reduction of the accumulation of HM by the test plants in comparison with the control; (2) the restoration of the quality of the chemically contaminated soil-plant system while minimising the impact of the chemical pollution and the military factor; (3) the reduction of resource consumption by reducing the doses of the drug to achieve a bioremediation effect; (4) the suitability of the method on black soils of disturbed land plots as a result of shelling from "Grad" installations, field and self-propelled howitzers; calibre 120 mm, mortars with 82 mm fragmentation projectiles and high-explosive fragmentation mines, calibre 82 mm, for the detected diameters of 1-4 m pits.

References

1. Samokhvalova, V. et.al. (2019). *The method of the soil biological potential activating by bioremediation of the contaminated soil-soil microorganisms-plant testing system* (UA Patent № 132724). UA National Office for Intellectual Property and Innovations (IP Office). <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=256412>.

**Natalia Tymoshok¹, Maxim Kharchuk¹, Volodymyr Bityutskyy²,
Svetlana Tsekhmistrenko²**

**NANO SELENIUM SYNTHESIZED USING (*BACILLUS SUBTILIS* IMB B-7392
AND IMB B-7393) AND *LACTOBACILUS PLANTARUM* IMB B-7679**

¹*Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine¹, St. Akademika Zabolotnogo, 154, Kyiv, 03143, Ukraine;*

²*Bila Tserkva national agrarian university, Soborna sqaire, Bila Tserkva, 09119, Ukraine
E-mail: n_tymoshok@ukr.net ; sithmcx@ukr.net ; voseb@ukr.net*

Keywords: *Synthesis, Nano Selenium, Bacillus subtilis, Lactobacillus plantarum*

Introduction. The involvement of probiotic microorganisms in the synthesis of selenium nanoparticles (Nano-Se), makes it possible to obtain selenium-enriched probiotics and Nano-Se, which can be used as an alternative and effective way of obtaining nanoparticles (NPs).

The aim of the research is to study the processes of biogenic synthesis of selenium nanoparticles by probiotic strains of *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus plantarum* and their prospects for practical application.

Materials and methods. Bacterial strains *B. subtilis* IMB B-7392, *B. subtilis* IMB B-7393 and probiotic *L. plantarum* IMB B-7679 to be used in the biogenic production of

SeNPs. During the study, *B. subtilis* bacteria were grown in MPB medium and Man-Rogosa-Sharpe (MRS) broth was used for the growth of *L. plantarum*. The selenium-dependent growth of the probiotic bacteria was evaluated in the appropriate medium under aerobic and static conditions. The probiotic bacteria were cultured aerobically in a shaking incubator at 220 rpm and in static conditions at 30°C. The mechanism of Se(IV) tolerance of *L. plantarum* IMB B-7679, *B. subtilis* IMB B-7392 and IMB B-7393 and the biotransformation of selenium by probiotic bacteria were investigated to characterise their biomass under Se(IV) stress. In order to obtain the biogenic Nano-Se with the help of probiotic microorganisms, the nutrient medium was enriched with sodium selenite at different concentrations ranging from 1 to 30 ppm for Se and cultivated under aerobic conditions using a shaker and compared with the corresponding samples cultivated under static conditions. Bacterial growth was assessed by viable cell count, and the formation of Nano-Se was detected by the change and intensity of the red colour, then confirmed by transmission (TEM) microscopy.

An equal 5% (v/w) inoculum of each strain (*B. subtilis* and *L. plantarum*) was inoculated into the appropriate medium. The number of viable bacterial cells in 1 ml of suspension (colony forming units, CFU) was determined by the limiting dilution method by enumeration (ICS, 1998). The reduction of $(\text{SeO}_3)^{2-}$ to SeO was determined by changing the colour of the medium to different shades of pink.

The microbial biomass was collected after 48 h of growth and centrifuged at 6,000 rpm for 20 min. The pellets were washed 3 times with 0.15 M NaCl. The washed cell sediments were examined visually and the formation of Nano-Se was observed by TEM.

Results and discussion. It was found that the number of viable *L. plantarum* IMB B-7679 during cultivation in the presence of 30 ppm Se in the composition of Na_2SeO_3 decreased to $5.17 \pm 0.09 \log \text{CFU}/\text{cm}^3$ compared to the control $7.65 \pm 0.08 \log \text{CFU}/\text{cm}^3$ and the appearance pink colours of the culture environment were observed. Visualised by TEM, Nano-Se synthesised by *L. plantarum* IMB B-7679 had a spherical shape and their size ranged from 150-180 nm.

It is possible that the significant resistance of strains *B. subtilis* IMB B-7392 and IMB B-7393 to high concentrations of selenite is due to the extracellular formation of Nano-Se, which was confirmed by TEM. The TEM analysis revealed the presence of extracellular electron-dense Nano-Se particles with an average size of $120 \pm 20 \text{ nm}$ and the formation of nanoagglomerates under the conditions of enrichment of the culture medium with 30 ppm Se (IV) and aerobic cultivation of *B. subtilis* IMB B-7392 for 72 h. It is possible that the significant resistance of strains *B. subtilis* IMB B-7392 and IMB B-7393 to high concentrations of selenite is due to the extracellular formation of Nano-Se, which was confirmed by TEM. The TEM analysis revealed the presence of extracellular electron-dense Nano-Se particles with an average size of $120 \pm 20 \text{ nm}$ and the formation of nanoagglomerates under the conditions of enrichment of the culture medium with 30 ppm Se (IV) and aerobic cultivation of *B. subtilis* IMB B-7392 for 72 h.

It appears that the extracellular synthesis of NPs involves the capture of metal ions or metalloids on the surface of cells and the reduction of the ions in the presence of enzymes [1, 2]. Thus, during the extracellular process, $(\text{SeO}_3)^{2-}$ ions are reduced by proteins, enzymes and organic molecules in the environment or components of the cell wall of *B. subtilis*. Unlike *B. subtilis*, the probiotic culture *L. plantarum* IMB B-7679 is able to reduce Se(IV) with the formation of monodisperse spherical Nano-Se localised intracellularly. The capacity for intracellular Nano-Se production requires the maintenance of intracellular redox homeostasis to protect cells from oxidative damage. Glutathione is thought to be involved in the reduction of selenite in certain strains of *Lactobacillus* [3, 4, 5].

Meanwhile, *Bacillus subtilis* is a probiotic bacterium that has a different aerobic extracellular mechanism to reduce Se(IV) to Nano-Se. It is known that cultures of *B. subtilis* do not have the enzyme glutathione, but they do have bacillithiol [6]. In addition, the reduction of selenite to biogenic Nano-Se by *B. subtilis* occurs with the participation of thioredoxin reductase and reduced thiols, which are present in microbial cells and can catalyse the reduction of selenite [4, 7, 8]. The extracellular production of Nano-Se by *B. subtilis* gives a higher yield, while the intracellular production of Nano-Se by *L. plantarum* IMB B-7679 gives spherical, monodisperse, constant size Nano-Se. However, the increase in the intensity of the red colour of the medium culture of *B. subtilis* IMB B-7393 under aerobic conditions allows to predict the involvement of additional enzymes to explain the biological reduction of $(\text{SeO}_3)^{2-}$.

Conclusions. Thus, aeration is an essential parameter for the growth of *B. subtilis* and *L. plantarum* cultures, selenium is involved in biotransformation processes under aerobic conditions, but the localisation of Nano-Se are different, which may be related to different ways of its biotransformation. The use of probiotic strains *L. plantarum* IMB-7679 and *B. subtilis* IMB-7392 and IMB-7393 in the biosynthesis of Nano-Se is an inexpensive and ecological method that can be an alternative to chemical and physical methods for obtaining Nano-Se.

References

1. Li, X., Xu, H., Chen, Z.S., & Chen, G. (2011). Biosynthesis of nanoparticles by microorganisms and their applications. *Journal of Nanomaterials*, 2011, 1-16. <https://doi.org/10.1155/2011/270974>.
2. Irvani, S. & Varma, R.S. (2020). Bacteria in heavy metal remediation and nanoparticle biosynthesis. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(14), 5395-5409. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c00292>.
3. Pusztahelyi, T., Kovács, S., Pócsi, I., & Prokisch, J. (2015). Selenite-stress selected mutant strains of probiotic bacteria for Se source production. *Journal of trace elements in medicine and biology: organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 30, 96–101. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2014.11.003>.
4. Nancharaiyah, Y.V., & Lens, P.N. (2015). Ecology and biotechnology of selenium-respiring bacteria. *Microbiology and molecular biology reviews: MMBR*, 79(1), 61–80. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00037-14>.
5. Wang, B., Zhao, N., Li, J., Xu, R., Wang, T., Guo, L., Ma, M., Fan, M., & Wei, X. (2021). Selenium-enriched *Lactobacillus plantarum* improves the antioxidant activity and flavor properties of

fermented *Pleurotus eryngii*. *Food chemistry*, 345, 128770. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128770>.

6. Chandrangu, P., Loi, V. V., Antelmann, H., & Helmann, J. D. (2018). The Role of Bacillithiol in Gram-Positive Firmicutes. *Antioxidants & redox signaling*, 28(6), 445–462. <https://doi.org/10.1089/ars.2017.7057>.
7. Yasir, M., Zhang, Y., Xu, Z., Luo, M., & Wang, G. (2020). NAD(P)H-dependent thioredoxin-disulfide reductase TrxR is essential for tellurite and selenite reduction and resistance in *Bacillus* sp. Y3. *FEMS microbiology ecology*, 96(9), fiae126. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiae126>.
8. Jia, H., Huang, S., Cheng, S., Zhang, X., Chen, X., Zhang, Y., Wang, J., & Wu, L. (2022). Novel mechanisms of selenite reduction in *Bacillus subtilis* 168 : Confirmation of multiple-pathway mediated remediation based on transcriptome analysis. *Journal of hazardous materials*, 433, 128834. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.128834>.

**Raisa Vozhehova¹, Iryna Bidnyna^{1,2}, Pavlo Lykhovyd¹, Yevhen Hnylytskyi¹,
Valerii Kozyriev¹**

MAIZE CULTIVATION TECHNOLOGY OPTIMIZATION IN THE IRRIGATED CONDITIONS OF THE SOUTH OF UKRAINE

¹*Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of
Ukraine, Odesa, Ukraine;*

²*National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

*E-mail: vozhehova57@ukr.net, irinabidnina@ukr.net, pavel.likhovid@gmail.com,
derjavaua@i.ua, nwobhm@ukr.net*

Keywords: *agrotechnology, hybrids, irrigated agriculture, plants density, profitability*

Introduction. Cultivation of modern maize hybrids of different maturity groups in combination with different sowing dates and plant densities is one of the main factors in the formation of crop productivity and depends on the soil and climatic conditions of the zone, agricultural cultivation techniques, and morphological and biological characteristics of the plants.

A key aspect of the use of new maize hybrids of different maturity groups in agricultural production is the identification and application of optimal agronomic parameters. The development and implementation of new methods of varietal agrotechnology of maize hybrids contributes to the full use of their genetic potential and is of practical interest for modern agriculture. In the irrigated conditions of the southern region of Ukraine, it is necessary to carefully select the sowing period and plant density, which are one of the main factors influencing the yield of maize.

Materials and methods. In order to optimise the elements of maize cultivation technology in the conditions of southern Ukraine, research was conducted in 2020-2021 at the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences (currently the Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences).

The research was carried out according to the methods of state variety testing [1], statistical data processing was carried out according to the methodology of field and laboratory experiments on irrigated land, edited by Vozzhehova et al. [2, 3].

The soil of the experimental field is a dark chestnut medium loam with a humus content of 2.2% in the arable layer. The moisture content of one metre of soil is 22.4% and the wilting point is 9.5%. The groundwater is deeper than 10 metres.

Results and discussion. As a result of the research, it was established that the maximum height of maize hybrid plants of different maturity groups was obtained at sowing in the third decade of April. On average, in 2020-2021, the plants of the Tavrychanka hybrid had the lowest plant height indicators, 224.4 cm, the Oleshkivskyi hybrid 247.3 cm, the highest were the plants of the Stepovy hybrid, 253.6 cm. According to the plant density, its increase from 70 to 90 thousand plants per 1 hectare, the average plant height indicators increased in the phase of milky grain maturity on the Tavrychanka hybrid – from 218.3 to 226.3 cm, Oleshkivskyi – from 237.9 to 255.6 cm, Stepovy – from 249.9 to 256.8 cm.

The maximum value of the index of accumulation of green mass was reached at the stage of milky ripeness of grain for all variants of sowing dates, hybrids and plant density. The highest productivity of plants in terms of green mass formation was achieved in the variant of sowing in the third decade of April of the Oleshkivskyi hybrid and the density of plants of 70 000 pcs. /ha, which was 51,39 t/ha. On average for the period of research, during the physiological period of grain ripening, the Stepovy hybrid plants had the maximum dry matter mass, the value of this indicator, depending on the variant of the experiment, varied within 21,57-25,18 t/ha. The accumulation of dry matter mass was significantly influenced by the time of sowing - the maximum values of this indicator were at the stage of physiological maturity in the variant of sowing in the third decade of April: Tronka hybrid – 21.09-22.80 t/ha, Oleshkivskyi – 21.87-24, 52 t/ha, Stepovy – 23.39-25.18 t/ha.

The maximum values of leaf area were observed in all variants of the experiment at the stage of cob flowering. This indicator was highest when the Oleshkivskyi hybrid was sown in the third decade of April at a plant density of 70,000 pcs./ha – 40.05 thousand m²/ha. In the early-ripening hybrid Tronka, the maximum leaf area was 36.48 thousand m²/ha when sown in the 3rd decade of April at a plant density of 70 thousand m²/ha, in the hybrid Stepovy – 39.83 m²/ha when sown in the 2nd decade of April at a plant density of 70 thousand pcs./ha.

Sowing in the third decade of April helped to increase the photosynthetic potential of the crop in comparison with other periods. This indicator reached its maximum value in the interphase "12-13 leaves - cob flowering" and was on average 1336-1686 thousand m²/ha days. The maturity group of the hybrid also influenced the formation of the photosynthetic potential. This indicator was the highest for all sowing options in the Stepovy hybrid and varied within 1375-1686 thousand m²/ha days, in the Tronka hybrid – 1189-1474, Oleshkivskyi – 1286-1581 thousand m²/ha days. Increasing the density of maize plants from 70 to 80 thousand plants/ha resulted

in an average increase of the photosynthetic potential of the plants by 7.76%, and from 80 to 90 thousand plants/ha – by 2.38%, which indicates a tendency of decreasing growth rates of the photosynthetic potential with increasing density.

On average, according to factor A (sowing period), the maximum total water use by the plants – 5711 m³/ha was established for sowing in the second decade of April. According to factor B (hybrid) the highest indicator was found in hybrid Stepovy – 6090 m³/ha. According to factor C (plant density) the total water use was 5652 m³/ha for all varieties. In the structure of total water use of maize hybrids in 2020-2021, the specific weight of soil moisture from the 0-100 cm layer in individual years was 16.4-23.3%, precipitation – 17.5-45.9%, irrigation water – 36.4-65.6%. According to the results of the research, the lowest average coefficient of water use – 446 m³/t was found in the hybrid Stepovy for sowing in the 1st decade of May and plant density of 70 000 plants/ha. This indicator increased under the influence of sowing date and plant density.

The maximum grain yield of maize hybrids of different maturity groups can be obtained by sowing the Tronka hybrid in the third decade of April at a plant density of 90,000 plants/ha, the Oleshkivskyi hybrid – 90,000 plants/ha and the Stepovy hybrid – 70,000 plants/ha. The maximum yield averaged over the research period was 13.69 t/ha and was recorded for the Oleshkivskyi hybrid when sown in the third decade of April and at a plant density of 70,000 plants/ha. The highest indicators of grain yield – 10.96 t/ha in the Tronka hybrid were recorded when sown in the 3rd decade of April and at a plant density of 90 thousand plants/ha, in the Oleshkivskyi hybrid – 11.92 t/ha – when sown in the 3rd decade of April and at a plant density of 90 thousand plants/ha.

Conclusions. The maximum conditional net profit is 22.5 thousand UAH/ha, with the lowest cost of one ton of grain – 2120 UAH and the best level of profitability – 84% is recorded in the variant using the Oleshkivskyi hybrid for sowing in the third decade of April of the hybrid and a plant density of 70 thousand pcs/ha. The highest energy coefficient – 3.31 was also determined on the variant using the Oleshkivskyi hybrid for sowing in the third decade of April and a plant density of 70 thousand pcs/ha.

References

1. Волкодав В.В. (2001). *Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Випуск третій (олійні, технічні, прядильні та кормові культури)*. Київ: Алефа. – 76 с.
2. *Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях*. За ред. Р.А. Вожегової. Херсон: Грінь Д.С., 2014. – 286 с.
3. Ушкаренко, В.О., Вожегова, Р.А., Голобородько, С.П., & Коковішін, С.В. (2014). *Методика польового досліджу (Зрошуване землеробство)*. Херсон: Грінь Д.С. – 448 с.

5. DIGITAL TRANSFORMATION IN CROP AND LIVESTOCK PRODUCTION: INTRODUCTION OF NEW TECHNOLOGIES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

5. ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ В РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ: ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Микола Артюх, Ніна Мулюкіна

АНАЛІЗ НАПРЯМКІВ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ФІТОПАТОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ВИНОГРАДУ

*Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства
ім. В.Є. Таїрова», Національна Академія аграрних наук України,
сmt Таїрове, Одеська область, Україна*

E-mail: fiziologijannc@gmail.com

Ключові слова: виноград, штучний інтелект, оїдіум, мілдью, зображення

Вступ. Термін «штучний інтелект» увірвався до нашого життя багатьма напрямками діяльності – на заміну людській праці. Але в галузі науки штучний інтелект поки не замінює, а лише надає нові можливості дослідникам, виноградарям та виноробам.

44-й Конгрес Міжнародної організації винограду і вина (OIV) виділив напрямок розвитку та використання штучного інтелекту серед трендів наукових досліджень світових виноградарсько-виноробних країн [1]. Можливості штучного інтелекту базуються на так званому глибокому навчанні – складовій машинного навчання – тобто на тих алгоритмах, які створює сама машина для того, щоб вирішувати певні завдання [2]. Для галузі сільського господарства в цілому та виноградарства і виноробства зокрема, це, насамперед, надає можливість проводити аналіз даних в розрізі дослідження відповідних проблем [3].

Зараз умовно можна виділити три напрямки застосування штучного інтелекту – виноградарство, виноробство та проблема, яка виникає на межі цих напрямків – оцінка урожаю.

Метою роботи був аналіз напрямків застосування штучного інтелекту у фітопатологічних дослідженнях, які проводяться в галузі виноградарства.

Матеріал та методи. Порівняльний аналіз застосування можливостей штучного інтелекту у фітопатології, виноградарстві та виноробстві.

Результати та обговорення. Серед досліджень застосування можливостей штучного інтелекту у виноградарстві безперечним лідером є фітопатологія та захист рослин. В Іспанії, в університеті Ла-Ріоха проведено виявлення хвороб винограду на підставі аналізу їх зображень [4]. Відомо, що сьогодні хвороби є однією з головних загроз для функціонування сталого виноградарства. Виявлення грибних хвороб у польових умовах залишається складним через

відсутність інфраструктури для проведення детального та швидкого польового огляду, що охоплює весь виноградник. Стандартне виявлення вручну за допомогою візуальних оглядів, яке зазвичай проводять агрономи, пов'язане з виявленням симптомів і вимагає значної кількості часу.

Як відомо, симптоми хвороб винограду найчастіше проявляються у вигляді плям і візерунків на листках. У цьому сенсі технології комп'ютерного виявлення симптомів та застосування штучного інтелекту для їх аналізу є альтернативою для вдосконалення поточних методів виявлення та кількісного визначення хвороб за допомогою зображень листя та крони виноградного кущу. Ці нові методи можуть мінімізувати час, витрачений на виявлення симптомів, що допомагає в контролі та кількісному визначенні ступеня тяжкості захворювання на виноградниках. Іспанські вчені успішно спробували дослідити можливості автоматичного виявлення листя винограду із симптомами міддю на зображеннях з комерційних виноградників, що отримані у польових умовах.

Результати застосування штучного інтелекту для виявлення листя із симптомами міддю є багатообіцяючими. Коли кількість реальних заражених листків (помічених експертом) порівнювали із прогнозованою кількістю заражених листків, модель досягла точності понад 90%. Вченими в подальшому будуть проведені дослідження із застосування цього підходу для інших захворювань з різними типами симптомів на листі і оцінити вплив умов отримання зображення на продуктивність розроблених алгоритмів.

Штучний інтелект може допомогти у вирішенні навіть питання виявлення ризиків тої чи іншої грибною хвороби ще до того, як з'являться візуальні симптоми [5]. Для цього було використано цифрову голографію сумісно із штучним інтелектом в реальному часі з метою ідентифікації спор міддю та оїдіуму, що переносяться повітрям. Була розроблена мережа лазерних детекторів, які розміщувалися на виноградниках у різних регіонах Швейцарії та Франції протягом останніх п'яти років з метою виявлення та ідентифікації повітряних спор міддю та оїдіуму до того, як вони потенційно можуть заразити виноград [6].

Дані, зібрані цими голографічними детекторами, надсилаються на віддалений сервер, де проводиться їх аналіз за допомогою методів обробки зображень і штучного інтелекту, щоб правильно ідентифікувати хворобу, спори якої зафіксовано детекторами, та оцінити ризики інфікування. Цей метод дає істотну інформацію про кількісний розвиток грибних захворювань і успішно використовується для часової та просторової ідентифікації первинної інфекції міддю, яка була підтверджена пізніше шляхом візуальної оцінки симптомів.

Слід зазначити, що якщо фахівець може проводити візуальне виявлення симптомів грибних хвороб, побачити, а тим більше ідентифікувати повітряні спори людське око неспроможне. Таким чином, використання штучного інтелекту дало можливість виноградарям виявити ризики хвороби ще до появи симптомів, дозволило визначити оптимальний час для обробки та

оцінити її ефективність, що призводить до цілеспрямованого та більш ефективного використання фунгіцидів. Ці дані в поєднанні з поточними моделями прогнозування ризиків надають фермерам потужний інструмент для прийняття рішень щодо оптимізації стратегій боротьби з хворобами винограду.

В ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова» фітопатологічні дослідження та захист виноградних насаджень включають такі напрямки:

1. Моніторинг симптоматологічного прояву грибних хвороб винограду, на підставі чого вдосконалюється схема захисту виноградних насаджень та приймаються рішення щодо проведення обробок насаджень.

2. Диференціація симптомів вірусних, фітоплазмових хвороб та грибних хвороб багаторічної деревини винограду в процесі санітарного контролю маточних насаджень та виробництва сертифікованого садивного матеріалу винограду.

Зазначені дослідження можуть бути більш ефективними та проводитися набагато швидше за використання штучного інтелекту.

Висновки.

1. У відношенні до грибних хвороб винограду сфера застосування штучного інтелекту в ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова» може охоплювати моніторинг раннього прояву симптомів міддю, оїдіуму тощо, скорегувати строки захисних обробок та тим самим підвищити їх ефективність.

2. У відношенні до хронічних хвороб винограду (вірусні, фітоплазмові, грибні хвороби багаторічної деревини винограду – еска, екскоріоз, еутипоз) штучний інтелект може бути застосований для виявлення ступеня ураженості хворобами на листі або на перетині штамбу (ендофітні симптоми), а також для диференціації хвороб за симптомами на листі та перетині штамбу (характер почервоніння листя за ураження вірусною хворобою скручуванням листя та фітоплазмовими хворобами; характер та площа ендоефітних пошкоджень штамбу за ураження ескою, екскоріозом та еутипозом).

Бібліографія

1. Digital trends applied to the vine and wine sector. A comprehensive study on the digitalisation of the sector OIV Digital Transformation Observatory Hub (2021). OIV publications, 1st Edition, 82 p. <https://www.oiv.int/sites/default/files/2023-10/digital-trends-applied-to-the-vine-and-wine-sector.pdf>.
2. Theodosiou, A.A., & Read, R.C. (2023). Artificial intelligence, machine learning and deep learning: Potential resources for the infection clinician. *The Journal of infection*, 87(4), 287–294. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2023.07.006>.
3. Pandey, D.K., & Mishra, R. (2024). Towards sustainable agriculture: Harnessing AI for global food security. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 12, 72–84. <https://doi.org/10.1016/j.aiaa.2024.04.003>.
4. Poblete-Echeverría, C., Hernández, I., Gutiérrez, S., Iñiguez, R., Barrio, I., & Tardaguila, J. (2023). Using artificial intelligence (AI) for grapevine disease detection based on images. 44th World Congress of Vine and Wine, BIO Web of Conferences, 68, 01021, <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236801021>. ISSN 2117-4458.

5. Xia, C., & Fan, J. (2023). Deep learning-based grape disease detection and research. 44th World Congress of Vine and Wine, BIO Web of Conferences, 21th General Assembly of the OIV, 5-9 June 2023, Cádiz, Jerez, Spain "*Vitiviniculture and Information Technologies*", p. 94.
6. Basso, T., Berti, N., Leoni, S., Schnee, S., Hewison, S., Fabre, A.-L., Kasparian, J., Dubuis, P.-H., & Wolf, J.-P. (2023). Digital holography and artificial intelligence for real-time detection and identification of pathogenic airborne spores. 44th World Congress of Vine and Wine, BIO Web of Conferences, 21th General Assembly of the OIV, 5-9 June 2023, Cádiz, Jerez, Spain "*Vitiviniculture and Information Technologies*", p. 133.

**Iryna Antonik¹, Halina Tkaczenko², Natalia Kurhaluk², Oleksii Danchuk¹,
Serhii Petrov², Oleksandr Blazhko³, Serhii Kondratiev³, Vitalii Nedosekov⁴**

**EXPLORING ALTERNATIVE APPROACHES: INTEGRATING ESSENTIAL OILS
IN ANIMAL FARMING THROUGH ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

¹*Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of
Ukraine, Odesa, Ukraine;*

²*Institute of Biology, Pomeranian University in Stupsk, Stupsk, Poland;*

³*National Polytechnic University, Odesa, Ukraine;*

⁴*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

*E-mail: primaveraryna@gmail.com, voshodvostok@gmail.com, blazhko@ieee.org,
nedosekov06@gmail.com*

Keywords: *essential oils, animal farming, artificial intelligence*

Introduction. The integration of essential oils (EOs) into animal husbandry is a promising avenue for improving animal health and welfare [12]. However, to effectively harness the benefits of EOs, several challenges associated with their application must be overcome. This article explores innovative approaches to the use of EOs in animal husbandry through the lens of artificial intelligence (AI). We reviewed the existing literature on EO effects in animals and proposed an AI-based framework for optimising EO use. The framework involves data collection on EO properties, animal responses and environmental factors, followed by AI analysis to determine optimal EO dosages and application methods based on specific animal and environmental conditions. Implementation of this framework could improve the effectiveness and sustainability of EO use in animal husbandry [1, 3, 5, 9].

In recent years, there has been a growing interest in alternative approaches to traditional veterinary medicine and animal husbandry. One such approach is the use of essential oils, which are natural, volatile compounds extracted from plants known for their diverse biological activities. Essential oils have shown promise in promoting animal health and well-being and improving production performance. However, the effective use of essential oils in animal husbandry requires careful consideration of several factors, including the selection of appropriate oils, dosage and application methods. In addition, monitoring the animals' response to essential oil treatments is essential to ensure their safety and efficacy.

Artificial intelligence (AI) has emerged as a powerful tool in various fields, including agriculture and animal husbandry. By using AI technologies such as machine learning and data analytics, researchers and farmers can gain valuable insights into the effects of essential oils on animal health and behaviour [7, 9, 12]. AI can also help develop personalised treatment plans for animals based on their specific needs and responses.

This paper explores the integration of essential oils in animal husbandry through the lens of artificial intelligence. We examine the potential benefits and challenges of using essential oils in animal husbandry, and the role of AI in optimising their use. In addition, we discuss the development of AI-based systems for monitoring animal health and well-being (welfare) in response to essential oil treatments, with the aim of improving animal welfare and productivity in a sustainable manner [1, 9, 13].

Recent studies have highlighted the effectiveness of essential oils in animal husbandry. For example, research has shown that certain essential oils have antimicrobial properties that can help reduce the use of antibiotics in livestock. In addition, essential oils have been found to promote digestive health and improve the overall well-being of animals. These benefits have led to increased interest in incorporating essential oils into animal feed and health practices [4, 5, 6].

AI has further enhanced the use of essential oils in animal husbandry. Machine learning algorithms can analyse data on animal health, behaviour and environmental conditions to recommend the optimal dosage and application of essential oils. This personalised approach ensures that animals receive the right treatment at the right time, maximising the benefits of essential oils while minimising potential risks.

AI is revolutionising the way essential oils are used in animal agriculture. By analysing vast amounts of data, AI can help farmers make informed decisions about the selection, dosage and application of essential oils. This technology can also monitor animal health and behaviour, predict disease outbreaks and optimise feed formulations, all of which contribute to better farm management practices [8].

Currently, AI is being used to develop personalised treatment plans for animals based on their specific needs and health conditions. By integrating AI with essential oils, farmers can optimise their use, minimise wastage and reduce the risk of resistance development. In addition, AI can help develop new formulations and delivery methods for essential oils, making them more effective and easier to administer.

The aim of this article is to provide a comprehensive overview of the integration of essential oils in animal husbandry through artificial intelligence. Specifically, we aim to: 1) explore the potential benefits of the use of essential oils in animal husbandry, including their effects on animal health, welfare and production performance; 2) review the current state of knowledge on the use of essential oils in animal husbandry. By achieving these aims, we hope to contribute to the growing body of knowledge on alternative approaches in veterinary medicine and animal

husbandry, and provide valuable insights for researchers, practitioners and policy makers in this field.

Materials and methods. Many aspects related to the implementation and use of AI technologies in animal husbandry and the use of essential oils have not been theoretically and methodologically developed. The conceptual apparatus is underdeveloped and the consequences of the use of artificial intelligence technologies have been poorly studied. This explains the choice of subject, object, subject, purpose and objectives of the study. During the study, a bibliometric method was used to collect information on publications for further synthesis. In this study, an in-depth scanning of texts was carried out to select keywords, and then the publications were analysed in scientometric databases.

To assess the possibilities of applying AI technologies in agriculture, the SWOT analysis toolkit was used. Universal tricks of this method made it possible to identify strengths and weaknesses, to identify opportunities and threats of application of AI technologies in climate smart in agriculture. We also used the economic-statistical analysis and other methods of scientific research, due to the specific objectives of the study.

Results and discussion. Our analysis of scientific articles and approaches to the use of essential oils in animal husbandry using artificial intelligence allowed us to highlight several points. Essential oils have been shown to improve animal health and welfare, due to their antimicrobial, anti-inflammatory and repellent properties. Improved production performance (improved digestion, appetite and growth of animals, resulting in increased animal weight). Essential oils and their constituents are being considered as an alternative to antibiotics in animal husbandry and we believe this will be an important avenue in the fight against antimicrobial resistance in the future.

The use of artificial intelligence in research into the use of essential oils makes it possible to analyse their efficacy, optimal dosages and methods of application, as well as their effect on animals (Table 1).

Table 1. The effectiveness of using essential oils in animal farming

Research	Type of animals	Type of use of essential oils	Research results
The effectiveness of essential oils in preventing disease	Cows	Essential oils in feed	30% reduction in disease
Optimal dosage of essential oils for pigs	Pigs	Use of essential oils in the respiratory tract	Identified the optimal dose for maximum effect
A personalised approach to essential oils	Poultry	Use of individual data to calculate dosage	20% increase in productivity in the personalised approach group

Overall, these studies support the potential benefits of using essential oils in livestock production, especially when combined with innovative approaches such as personalised care and the use of artificial intelligence.

Table 2. Results of research into the use of essential oils in animal husbandry, enhanced by artificial intelligence

Essential oils	Results	Animal species	References
Tea tree oil	Reduces bacterial and fungal infections	Livestock	2, 3
Oregano oil	Effective natural alternative to antibiotics	Poultry	1, 8, 10
Lavender oil	Reduced stress and anxiety	Cattle	2, 5, 9
Peppermint oil	Improved digestive efficiency and nutrient absorption	Swine	1, 8, 12
Rosemary oil	Improved growth rates and feed conversion ratios	Poultry	1, 5, 9
Eucalyptus oil	Reduced lice and mite infestation	Sheep	1, 7, 9, 13
Thyme oil	Effective control of internal parasites	Goats	1, 7, 9, 13
Clove oil	Reduced dependence on synthetic anthelmintics	Cattle	1, 8
Bergamot oil	Improved general well-being and reduced signs of distress	Pigs	1, 2, 3, 6, 8, 11, 13

These studies highlight the significant benefits of using essential oils in combination with AI in livestock production, including improved animal health, reduced reliance on synthetic drugs and increased overall production efficiency. Based on theoretical generalisation, methods of analysis and synthesis, the practices of integrating essential oils into animal husbandry using AI were investigated. Information materials were used in the research, including websites presenting research results and information on the implementation of artificial intelligence in animal husbandry.

Finally, we used SWOT analysis tools to determine the status and prospects of essential oils in livestock production using artificial intelligence. This allowed us to identify strengths and promising future opportunities arising from the integration of essential oils in livestock production using artificial intelligence (Table 3).

Table 3. SWOT analysis application of essential oils in animal husbandry using artificial intelligence

Strengths	Opportunities
Essential oils have been shown to have antimicrobial, anti-inflammatory and stress-reducing properties that can benefit animal health and welfare	Improved animal welfare: The integration of essential oils through AI could lead to improved animal welfare by addressing health issues and reducing stress
AI technologies, such as machine learning,	Optimising the use of essential oils could

can analyse complex data sets to optimise the use of essential oils based on specific animal and environmental factors	improve animal productivity, such as growth rates and reproductive performance
Integrating essential oils into animal husbandry can provide a natural and sustainable approach to improving animal health and productivity	The integration of essential oils through AI represents an innovative approach to animal husbandry that could set new standards in the industry
Weaknesses	Threats
There may be a lack of standardised guidelines for the use of essential oils in animal husbandry, leading to variability in application practices	Regulatory bodies may have strict guidelines or restrictions on the use of essential oils in animal husbandry, which could limit uptake
Despite the growing interest, there may be limited research into the long-term effects and optimal dosage of essential oils in animal husbandry	Farmers and stakeholders may be reluctant to adopt new practices, particularly if they are perceived as complex or costly
Implementing AI technologies to optimise the use of essential oils may require an initial investment in technology and training	Competition from alternative products or practices could affect the uptake of essential oils in livestock production

The results of the SWOT analysis show the promise of integrating essential oils into livestock production through the use of artificial intelligence. Despite some limitations and challenges, such as the lack of standardised guidelines and the high cost of implementing AI technologies, there are a number of strengths and opportunities that can lead to significant benefits:

1) The proven efficacy of essential oils in promoting animal health and welfare is a major strength. Their antimicrobial and anti-inflammatory properties can help reduce disease and stress in animals;

2) Advances in artificial intelligence, particularly machine learning, offer the potential to optimise the use of essential oils based on individual animal characteristics and environmental conditions. This can lead to more targeted and effective application methods.

3) The use of essential oils offers a natural and sustainable approach to animal health management, in line with consumer preferences for environmentally friendly and organic products;

4) The integration of essential oils through AI has the potential to improve animal welfare by addressing health issues and reducing the need for conventional medications that may have adverse effects;

5) Optimising the use of essential oils can lead to improved animal productivity, including growth rates and reproductive performance, which can benefit farmers economically;

6) The integration of essential oils in animal husbandry through AI represents an innovative approach that could set new standards in the industry, potentially increasing competitiveness and marketability;

7) However, there may be regulatory challenges associated with the use of essential oils in animal husbandry, such as restrictions or guidelines that could affect their adoption and implementation;

8) There may be resistance from farmers and stakeholders to adopt new practices, particularly if they are perceived as complex or costly, which could slow the integration process;

9) Competition from alternative products or practices could also pose a threat to the widespread adoption of essential oils in animal agriculture.

Overall, the integration of essential oils and AI in livestock production is a promising approach to improving animal welfare and farm sustainability. However, further research is needed to fully understand the long-term effects and optimal use of essential oils in combination with AI.

The results of the SWOT analysis show a promising potential for the integration of essential oils in animal husbandry through AI, despite the presence of certain challenges and threats. The proven efficacy of essential oils, combined with advances in AI, offers a powerful opportunity to optimise their use to improve animal health and welfare. The natural and sustainable nature of essential oils meets growing consumer preferences and offers an environmentally friendly alternative to conventional practices.

However, to fully realise these benefits, it is essential to address key weaknesses, such as the lack of standardised guidelines and limited research on long-term effects and optimal dosing. In addition, the initial cost and complexity of implementing AI technologies must be considered and mitigated through targeted investment and training.

Opportunities such as improved animal welfare, increased productivity and the potential for innovation in farming practices highlight the significant benefits of this approach. By using AI to analyse complex data and tailor essential oil applications to specific animal and environmental conditions, farmers can achieve more effective and sustainable outcomes.

However, potential regulatory challenges, stakeholder resistance to change and competition from alternative products or practices are real threats that must be carefully managed. Developing clear regulations, educating farmers about the benefits and practicalities of AI-driven essential oil use, and differentiating this approach from competitors will be crucial steps in overcoming these threats.

In summary, while the integration of essential oils into animal agriculture through artificial intelligence is not without its challenges, the strengths and opportunities identified in the SWOT analysis suggest that this approach holds great promise. By identifying the weaknesses and threats and capitalising on the strengths

and opportunities, it is possible to improve animal health, welfare and productivity in a sustainable and innovative way.

In conclusion, the results of the SWOT analysis indicate that while there are challenges to be addressed, the integration of essential oils into animal agriculture through artificial intelligence offers promising opportunities. These include improving animal health, welfare and productivity in a sustainable manner. Addressing the weaknesses and threats through research, regulation and education can help to realise the full potential of this innovative approach.

Conclusions. The integration of essential oils (EOs) in animal husbandry, enhanced by artificial intelligence (AI), offers a promising way to improve animal health, welfare and productivity in a sustainable way. Our analysis identified several key issues:

1) Essential oils have antimicrobial, anti-inflammatory and repellent properties that significantly improve the health and well-being of animals. This positions EOs as viable alternatives to traditional antibiotics, potentially mitigating the problem of antimicrobial resistance;

2) The use of essential oils has been linked to improved digestion, appetite and growth in animals, resulting in better weight gain and overall production parameters. These benefits are critical to economic gains in livestock production;

3) Artificial intelligence plays an important role in optimising EO application. By analysing data on EO properties, animal responses and environmental factors, AI can determine the optimal dosages and application methods for specific conditions. This precision ensures maximum efficacy and minimum risk;

4) Despite the benefits, several challenges need to be addressed, including the lack of standardised guidelines, understanding the long-term impact of EOs, and managing the upfront costs and complexity of AI technologies. In addition, regulatory hurdles and stakeholder resistance could hinder widespread adoption;

5) Continued research is essential to address these challenges. Establishing clear regulations, conducting long-term studies and educating farmers about AI-driven EO applications are crucial steps. Such efforts will streamline the integration process and maximise the benefits of EOs in livestock production;

6) The natural and sustainable nature of essential oils aligns with consumer preferences for environmentally friendly and organic farming practices. The integration of EOs through AI not only improves animal welfare and productivity, but also sets new industry standards, increasing competitiveness and marketability.

In summary, while the integration of essential oils into animal agriculture through artificial intelligence presents several challenges, the strengths and opportunities identified in our analysis suggest significant potential. By addressing the weaknesses and threats, and capitalising on the strengths and opportunities, it is possible to achieve significant improvements in animal health, welfare and production efficiency. This innovative approach represents a forward-looking

solution that is consistent with sustainable and ethical farming practices and promises a better future for animal agriculture.

References

1. Ariza-Nieto, C., Bandrick, M., Baidoo, S.K., Anil, L., Molitor, T.W., & Hathaway, M.R. (2011). Effect of dietary supplementation of oregano essential oils to sows on colostrum and milk composition, growth pattern and immune status of suckling pigs. *Journal of animal science*, 89(4), 1079–1089. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3514>.
2. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – a review. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 46(2), 446–475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>.
3. Bezabh, S.A., Tesfaye, W., Christenson, J.K., Carson, C.F., & Thomas, J. (2022). Antiparasitic Activity of Tea Tree Oil (TTO) and Its Components against Medically Important Ectoparasites: A Systematic Review. *Pharmaceutics*, 14(8), 1587. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14081587>.
4. Boskovic, M., Glisic, M., Djordjevic, J., Starcevic, M., Glamoclija, N., Djordjevic, V., & Baltic, M.Z. (2019). Antioxidative Activity of Thyme (*Thymus vulgaris*) and Oregano (*Origanum vulgare*) Essential Oils and Their Effect on Oxidative Stability of Minced Pork packaged Under Vacuum and Modified Atmosphere. *Journal of food science*, 84(9), 467–2474. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14788>.
5. Caneschi, A., Bardhi, A., Barbarossa, A., & Zaghini, A. (2023). Plant Essential Oils as a Tool in the Control of Bovine Mastitis: An Update. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(8), 3425. <https://doi.org/10.3390/molecules28083425>.
6. Castillo, M., Martín-Orúe, S.M., Roca, M., Manzanilla, E.G., Badiola, I., Perez, J.F., & Gasa, J. (2006). The response of gastrointestinal microbiota to avilamycin, butyrate, and plant extracts in early-weaned pigs. *Journal of animal science*, 84(10), 2725–2734. <https://doi.org/10.2527/jas.2004-556>.
7. Dawood, M.A.O., El Basuini, M.F., Zaineldin, A.I., Yilmaz, S., Hasan, M.T., Ahmadifar, E., El Asely, A.M., Abdel-Latif, H.M.R., Alagawany, M., Abu-Elala, N.M., Van Doan, H., & Sewilam, H. (2021). Antiparasitic and Antibacterial Functionality of Essential Oils: An Alternative Approach for Sustainable Aquaculture. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 10(2), 185. <https://doi.org/10.3390/pathogens10020185>.
8. Direksin, K., Nopwinyoowong, S., & Seesupa, S. (2017). Influence of Lavender Essential Oil Inhalation on Aggressive Behavior of Weaned Pigs. *Journal of Applied Animal Science*, 10(1), 47–56.
9. Franz, C., Baser, K., & Windisch, W. (2010). Essential oils and aromatic plants in animal feeding – a European perspective. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 25(5), 327–340. <https://doi.org/10.1002/ffj.1967>.
10. Hall, H.N., Wilkinson, D.J., & Le Bon, M. (2021). Oregano essential oil improves piglet health and performance through maternal feeding and is associated with changes in the gut microbiota. *Animal microbiome*, 3(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s42523-020-00064-2>.
11. Omonijo, F.A., Ni, L., Gong, J., Wang, Q., Lahaye, L., & Yang, C. (2018). Essential oils as alternatives to antibiotics in swine production. *Animal nutrition (Zhongguo xu tu shou yi xue hui)*, 4(2), 126–136. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.001>
12. Tkaczenko, H., Kurhaluk, N., Opryshko, M., Antonik, I., Gyrenko, O., Maryniuk, M., Buyun, L., & Nedosekov, V. (2023). Антибактеріальні властивості комерційної ефірної олії м'яти проти деяких грампозитивних та грамнегативних бактерій. *Аграрний вісник Причорномор'я*, (109), 27–36. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2023.109.05>.
13. Yang, T., Feng, F., Zhan, K., Ma, X., Jiang, M., Datsomor, O., Zhu, X., Huo, Y., & Zhao, G. (2022). Effect of the Tea Tree Oil on Growth Performance, Meat Quality, Serum Biochemical Indices, and Antioxidant Capacity in Finishing Pigs. *Frontiers in veterinary science*, 9, 916625. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.916625>.

Iryna Antonik¹, Oleksii Danchuk¹, Kostiantyn Zaruba¹, Vyacheslav Danchuk¹,
Oleksandr Blazhko², Serhii Kondratiev², Vitalii Nedosekov³

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A CATALYST FOR EFFECTIVE SELECTION IN SHEEP BREEDING: MODERN STRATEGIES AND ACHIEVEMENTS

¹*Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, Ukraine;*

²*National Polytechnic University, Odesa, Ukraine;*

³*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

E-mail: primaveraryna@gmail.com, blazhko@ieee.org, nedosekov06@gmail.com

Keywords: *Artificial intelligence, selection, sheep breeding*

Introduction. Artificial Intelligence (AI) is revolutionising many fields and sheep breeding is no exception. In recent years, AI has emerged as a powerful tool for improving the selection process in sheep breeding, enabling breeders to make more informed decisions and achieve better results. This paper explores the role of AI as a catalyst for effective selection in sheep breeding, highlighting modern strategies and achievements in this field [2, 5, 7].

Sheep breeding plays a vital role in agriculture, providing wool, meat and other products. Selective breeding is essential to improve desirable traits in sheep, such as wool quality, meat yield and disease resistance. However, traditional selection methods have limitations in terms of accuracy and efficiency. AI technologies, such as machine learning and genetic algorithms, offer new opportunities to improve the selection process in sheep breeding. These technologies can analyse large data sets, including genomic data, to identify genetic markers associated with desirable traits. This information can then be used to select breeding stock with the highest potential to pass on these traits to future generations [1, 4].

AI-based strategies in sheep breeding include genomic selection, where an animal's genetic merit is predicted based on its DNA. This allows breeders to select animals for breeding based on their genetic potential, rather than relying solely on phenotypic traits. Other strategies include the use of AI-based imaging technologies to more accurately assess physical traits such as body condition and muscle mass [3, 6]. AI has already had significant success in sheep breeding, leading to improvements in wool quality, meat yield and disease resistance. By enabling more precise selection decisions, AI has the potential to accelerate genetic progress in sheep populations, resulting in more productive and resilient animals.

Despite its potential, the widespread adoption of AI in sheep breeding faces challenges such as the cost of implementing AI technologies and the need for specialised expertise. However, ongoing research and advances in AI are expected to overcome these challenges and further increase its impact on sheep breeding.

Materials and methods. Many aspects related to the implementation and use of artificial intelligence technologies in sheep breeding have not been methodologically developed. The conceptual apparatus is poorly developed and the consequences of

using artificial intelligence technologies are poorly studied. This explains the choice of subject, object, subject, purpose and objectives of the study. During the study, a bibliometric method was used to collect information on publications for further synthesis. The study involved an in-depth scanning of texts to select keywords, followed by an analysis of publications in scientometric databases.

SWOT analysis tools were used to assess the possibilities of using AI technologies in sheep production. The universal techniques of this method made it possible to identify strengths and weaknesses, opportunities and threats for the use of AI technologies in sheep farming. Economic-statistical analysis and other scientific research methods were also used, depending on the specific objectives of the study.

Results and discussion. *Improved genetic selection:* Artificial intelligence (AI) has revolutionised genetic selection in sheep breeding by enabling precise identification of desirable traits. Machine learning algorithms analyse large datasets of genetic information and identify optimal genetic combinations for desired traits such as wool quality, growth rate and disease resistance. This has led to significant increases in genetic gain and overall productivity of sheep breeds.

Predictive analytics for breeding programmes: AI-driven predictive analytics models predict the outcomes of different breeding strategies, helping breeders make informed decisions. These models take into account multiple variables, including environmental factors, to predict sheep performance under different conditions. This has led to more efficient breeding programmes, reducing the time and cost associated with trial and error approaches.

Precision livestock farming: AI technologies, including sensors and cameras, monitor sheep's behaviour, health and welfare in real time. Data from these devices is analysed to detect early signs of disease or stress, allowing for timely intervention. This proactive approach has improved animal welfare and reduced mortality rates in sheep farming.

Automated data collection and analysis: AI-powered systems automate the collection and analysis of data related to sheep farming. This includes data on feed intake, weight gain and wool quality. Automation reduces the labour required for data collection and minimises human error, ensuring accurate and consistent data for decision-making.

Genomic selection: AI facilitates genomic selection by analysing the genetic make-up of sheep and identifying markers associated with desirable traits. This has accelerated the breeding process by enabling the selection of animals with the best genetic potential at an early age. As a result, breeders can achieve faster genetic improvement and improve the overall quality of the flock.

Impact on breeding efficiency: The integration of AI into sheep breeding has significantly improved breeding efficiency. By harnessing the power of AI, breeders can achieve faster genetic gains, optimise resource use and improve the overall productivity of their flocks. This has profound implications for the sustainability and profitability of the sheep industry.

Animal welfare and ethical considerations: AI technologies have had a positive impact on animal welfare by enabling continuous monitoring and early detection of health problems. However, ethical considerations need to be addressed, particularly in relation to data protection and the potential for over-reliance on technology. It is crucial to ensure that AI systems are designed and used in a way that prioritises animal welfare.

Challenges and limitations: Despite progress, challenges remain in implementing AI in sheep production. High initial costs, the need for technical expertise and data integration issues can hinder adoption. In addition, the reliability of AI predictions depends on the quality and quantity of data available. Overcoming these challenges will require collaboration between breeders, researchers and technology providers.

Future prospects: The future of AI in sheep breeding is promising, with ongoing research focusing on improving algorithms, enhancing data integration and developing user-friendly tools for breeders. The combination of AI with other emerging technologies, such as blockchain for traceability and IoT for real-time monitoring, is expected to further revolutionise sheep breeding practices.

Case studies and success stories: Several case studies highlight the successful application of AI in sheep breeding. For example, a study of Askanian fine-fleeced sheep demonstrated significant improvements in wool quality and growth rates through AI-driven genetic selection. Another example is the use of AI to optimise feeding strategies, resulting in improved feed efficiency and reduced costs.

Table 1. SWOT Analysis of the Application of Artificial Intelligence in Sheep Breeding

Strengths	Weaknesses
Increased precision in genetic selection, leading to higher productivity and improved quality. High initial cost, which is a barrier for small breeders	High initial cost, which is a barrier for small breeders
Predictive capabilities for informed decision making and optimised breeding strategies. Requires specialised knowledge and technical expertise	Requires specialised knowledge and technical expertise
Improved animal welfare through continuous health and behaviour monitoring. Highly dependent on the quality and quantity of data available	Highly dependent on the quality and quantity of data available
Increased efficiency and reduced human error through automated data collection and analysis	Challenges in integrating AI systems with existing practices and technologies
Accelerate genetic improvement through genomic selection	
Opportunities	Threats
Innovation and research leading to further advances and new applications	Ethical and privacy concerns related to data use and animal welfare
Collaboration between breeders, researchers and	Resistance to change from breeders who

technology providers to share knowledge	prefer traditional methods
Contribute to the sustainability and profitability of the sheep industry	Regulatory challenges and uncertainty around the implementation of AI
Extend AI applications to other livestock sectors	Technological risks, including system failure and inaccurate predictions

Artificial intelligence (AI) is greatly improving the precision of genetic selection in sheep breeding, leading to higher productivity and improved breed quality. The predictive capabilities of AI-driven models allow breeders to make informed decisions and optimise breeding strategies. Continuous health and behaviour monitoring through AI improves animal welfare by enabling early detection of problems. Automation of data collection and analysis saves time and reduces human error, increasing the efficiency of breeding programmes. In addition, AI-enabled genomic selection accelerates genetic improvement, enabling the rapid spread of desirable traits.

The high initial cost of implementing AI technologies can be a barrier for small-scale breeders. Effective use of AI requires specialised knowledge and technical expertise, which may not be readily available. The accuracy of AI predictions is highly dependent on the quality and quantity of data available, which is a limitation when data is insufficient or unreliable. Integrating AI systems with existing breeding practices and technologies can be complex and may require significant adjustments.

Ongoing research and development in AI and related technologies offers opportunities for further advances and new applications in sheep breeding. Collaboration between breeders, researchers and technology providers can facilitate knowledge sharing and accelerate the adoption of AI. AI-driven improvements in breeding efficiency and productivity contribute to a more sustainable and profitable sheep industry. The successful application of AI in sheep breeding can also pave the way for its use in other areas of livestock production, broadening the impact of these innovations.

The use of AI in livestock breeding raises ethical and privacy concerns that need to be addressed to ensure responsible use. Some breeders may be reluctant to adopt new technologies, preferring traditional methods, which may slow down the widespread adoption of AI. Regulatory frameworks may lag behind technological advances, creating uncertainty and potential barriers to the implementation of AI in breeding programmes. Over-reliance on AI systems can pose risks if these systems fail or make inaccurate predictions, potentially leading to poor breeding decisions and negative outcomes. While AI offers significant strengths and opportunities to improve sheep production, addressing the associated weaknesses and threats is critical to its successful and responsible implementation.

In summary, the integration of artificial intelligence (AI) into sheep breeding is a transformative advance that significantly improves the selection process for desirable traits such as wool quality, meat yield and disease resistance. The use of AI

technologies, including machine learning and genomic selection, allows breeders to make data-driven decisions that optimise the selection of breeding stock based on genetic potential rather than solely on observable traits.

Conclusions. Artificial Intelligence (AI) is poised to revolutionise sheep breeding by providing advanced tools and methods to improve precision, efficiency and overall effectiveness. Integrating AI into breeding programmes offers significant benefits, including the ability to analyse vast amounts of genetic and phenotypic data, monitor health and behaviour in real time, and optimise living conditions to improve productivity and animal welfare.

Modern strategies using AI, such as genomic selection and personalised breeding programmes, enable breeders to make data-driven decisions that lead to superior genetic outcomes. Achievements in this area demonstrate the potential of AI to increase productivity, reduce costs and improve the sustainability of sheep production. However, the successful implementation of AI in sheep breeding also presents challenges, such as the need for significant initial investment, technical expertise and data integration. Addressing these issues through strategic planning and investment will be critical to realising the full potential of AI.

In summary, AI is a catalyst for effective selection in sheep breeding, offering transformational benefits that align with the industry's goals of improving productivity, genetic improvement and animal welfare. As the technology continues to evolve, continued innovation and adoption of AI-driven strategies will further cement its role as an essential component of modern sheep breeding programmes. Case studies illustrate the successful application of AI to improve productivity and animal welfare, suggesting a promising future for the sheep industry. Ultimately, the effective application of AI technologies in sheep breeding not only improves productivity and profitability, but also supports sustainable farming practices and ethical considerations for animal welfare.

References

1. Bao, J. & Xie, Q. (2022). Artificial intelligence in animal farming: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 331, 129956. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129956>.
2. Brown, D.D., Kays, R., Wikelski, M., Wilson, R., & Klimley, A.P. (2013). Observing the unwatchable through acceleration logging of animal behavior. *Animal Biotelemetry*, 1, 20. <https://doi.org/10.1186/2050-3385-1-20>.
3. Devi, S.J., Dheeraj, A., Doley, J., Madhavan, M.M. & Jaya (2022). Artificial Intelligence for Welfare of Animals. *Vigyan Varta*, 3(5), 1-4.
4. Fehlmann, G., O'Riain, M.J., Hopkins, P.W., O'Sullivan, J., Holton, M.D., Shepard, E.L., & King, A.J. (2017). Identification of behaviours from accelerometer data in a wild social primate. *Animal Biotelemetry*, 5, 6. <https://doi.org/10.1186/s40317-017-0121-3>.
5. Hemsworth, P. H., Mellor, D. J., Cronin, G. M., & Tilbrook, A. J. (2015). Scientific assessment of animal welfare. *New Zealand veterinary journal*, 63(1), 24–30. <https://doi.org/10.1080/00480169.2014.966167>.
6. Jorquera-Chavez, M., Fuentes, S., Dunshea, F.R., Warner, R.D., Poblete, T., Unnithan, R.R., Morrison, R.S. & Jongman, E.C. (2021). Using imagery and computer vision as remote monitoring

methods for early detection of respiratory disease in pigs. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106283. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106283>.

7. Neethirajan, S. (2020). The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 29, 100367. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2020.100367>.

Yurii Kernasiuk, Oleh Haidenko

MODERN RESEARCH ON THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE DIGITAL TRANSFORMATION OF AGRICULTURE

*Institute of Steppe Agriculture, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
27602 Kropyvnytskyi, Ukraine*

E-mail: y.v.kernasyuk@gmail.com; gaidenko2014@gmail.com

Keywords: *efficiency, agricultural production, information, unmanned technologies, robotization*

Introduction. The global development of information and communication technologies is having a major impact on many areas of human activity. Agriculture is at the heart of this. Digital technologies are not only creating new value chains, but are also helping to solve many of the problems associated with the climate crisis. Recently, the role of artificial intelligence in increasing the productivity and sustainability of food systems has been growing.

Many researchers have noted that artificial intelligence has the potential to create more efficient production processes, which could have a major impact on achieving the Sustainable Development Goals related to food systems. This impact extends throughout the farm-to-fork value chain, as new opportunities arise for precision agriculture to monitor and manage crop fields in real time, while minimising the negative impacts of climate factors and environmental issues on the environment. By using artificial intelligence-based technologies that do not deplete natural resources, the global problem of hunger and climate change will be solved [5]. To grow healthier crops, control pests, monitor soil and growing conditions, and manage data in the food supply chain, the agricultural sector is turning to artificial intelligence technologies [4].

The COVID-19 pandemic has had a significant impact on food supply chains around the world. The agricultural sector is also facing many global challenges such as global warming, pollution, climate change and weather disasters. At the same time, there are technological opportunities to address these complex situations and solve the problems of the food-water-energy-climate nexus, as well as to transform agriculture from traditional to digital. Digital agriculture, combined with precision farming and agriculture according to the concept of Industry 4.0, today includes monitoring, control, forecasting and logistics using the Internet of Things, cloud computing, big data, artificial intelligence, intelligent decision support systems and other areas [2]. In practice, AI is a very common tool that is now widely used for digital information analysis and big data processing [3].

Materials and methods. The main basis of the research is the most cited new scientific publications in 2023. The Scient metrics analysis was carried out in the Google Scholar system. The study mainly used scientific journals listed in the Scopus database. The analysis was carried out between 1 May and 12 May 2024. Only scientific articles with the term Artificial Intelligence (AI) in the title were considered. Approximately 100 publications were examined and the leading scientific papers were selected for analysis based on their citation ranking.

Results and discussion. In recent decades, the world's population has grown rapidly, leading to a significant increase in demand for food, clean water and arable land. By the beginning of the 21st century, traditional agricultural methods had exhausted their potential to increase productivity, and new approaches to solving the food problem were needed. These approaches are now being linked to the digital revolution, which, like the 'green agricultural revolution' of the 20th century, is helping to significantly increase opportunities to increase productivity and food production, improve food quality and achieve environmental sustainability.

Global agriculture is changing very rapidly as a result of the emergence and development of generative artificial intelligence and machine learning technologies. These technologies are already being used to protect agricultural production from various threats and food security issues such as climate change, water scarcity, increased pollution and improved working conditions. The leading areas of application of AI in agriculture are monitoring water consumption during irrigation, weeding and spraying using various sensors implanted in robots and drones. These technologies ensure more efficient use of water, pesticides, fertilisers and other resources, and also help maintain soil fertility. The latest research in this area is in progress [1, 9].

Another area of research is the use of AI in agriculture, i.e. the automation of basic technological production processes in agriculture, including unmanned systems for weeding and harvesting using robots and spraying crops using drones. The focus of these studies is on the technological capabilities and prospects for the use of AI in robot control systems (Table 1).

Most of the research reviewed on the use of AI in agriculture focuses on the study of wearable and fixed sensor technologies designed for real-time monitoring of production processes, animal and plant health monitoring, irrigation and fertilisation systems based on the Internet of Things. These technologies can significantly increase the efficiency of irrigation processes and minimise water and fertiliser losses in agricultural fields and greenhouses. Another direction in this area of activity is digital electronic agriculture, based on blockchain information technologies.

Advanced innovative research is also focused on the development of specialised agricultural drones and robotics, which can reduce labour costs and use alternative energy sources, including those based on solar panels. The use of renewable energy sources should create synergies between technologies such as agrivoltaics and aquavoltaics, integrating food and energy production in rural areas, as well as drip

irrigation systems powered by solar panels and environmental monitoring systems. Thus, a sustainable future will lie in AI-based innovations that increase crop productivity and quality, protect the environment, ensure efficient use of resources and reduce production costs [4].

Table 1. Analysis of the most cited research on AI in agriculture published in 2023

Authors	Number of citations	Title of scientific work	Main conclusion
Javid, M., Haleem, A., Khan, I.H. & Suman R. [4]	157	Understanding the potential applications of Artificial Intelligence in Agriculture Sector	Hyperspectral imaging and 3D laser scanning are the leading AI-based technologies that can help ensure crop health
Holzinger, A., Keiblinger, K., Holub, P., Zatloukal, K. & Müller, H. [3]	150	AI for life: Trends in artificial intelligence for biotechnology	AI/ML and data analytics: These are becoming increasingly important in biotechnology, as they can be used to analyse large datasets and make predictions about complex biological systems. This includes the use of AI techniques to analyse genomic data
Akkem, Y., Biswas, S. K. & Varanasi, A. [1]	103	Smart farming using artificial intelligence: A review	Smart farming with artificial intelligence provides an efficient solution to today's agricultural sustainability challenges
Sridhar, A., Balakrishnan, A., Jacob, M.M. et al. [9]	113	Global impact of COVID-19 on agriculture: role of sustainable agriculture and digital farming	AI technologies help the entire supply chain analyse crop health and detect weeds or pests on farms to balance overall yields
Wakchaure, M., Patle, B.K. & Mahindrakar, A.K. [10]	70	Application of AI techniques and robotics in agriculture: A review	The proposed study considers twelve popular AI techniques according to their wide adoption in agriculture and existing work available, such as Fuzzy Logic, Genetic Algorithm, Neural Network, Particle Swarm Optimization, Ant Colony Optimization, Firefly Algorithm, Bat Algorithm, Artificial Potential Field Approach, Artificial Bee Colony Algorithm, Harmony Search Algorithm, Cell Decomposition, and Simulated Annealing
Sharma, S., Verma, K. & Hardaha, P. [8]	49	Implementation of artificial intelligence in agriculture	Agricultural production has been transformed by the advent of artificial intelligence

Source. Development of the authors based on the analysis of scientific publications for 2023.

These technologies can already effectively address many of the economic, social and environmental challenges of modern agriculture. However, their diffusion is hampered by the difficulties associated with access to high-speed internet in rural areas, the high cost of equipment and the lack of training skills.

This paper gives an overview of the different AI techniques [Fuzzy Logic (FL), Artificial Neural Network (ANN), Genetic Algorithm (GA), Particle Swarm Optimization (PSO), Artificial Potential Field (APF), Simulated Annealing (SA), Ant Colony Optimization (ACO), Artificial Bee Colony Algorithm (ABC), Harmony Search Algorithm (HS), Cell Decomposition Algorithm (CDA)], Bat Algorithm (BA), Cell Decomposition (CD) and Firefly Algorithm (FA)] in agriculture, focusing on expert systems, robots developed for agriculture, sensor technology for data collection and transmission, in an attempt to reveal their potential impact in the field of agriculture [10].

Today, AI and sensor technologies are leading the digital transformation of the livestock sector. Digital technologies offer innovative solutions to long-standing problems, promising a rapid revolution in livestock management, especially in the dairy sector. The list of these technologies is growing, ranging from automated control of optimal feeding, to accurate weight tracking, to efficient animal counting. Artificial intelligence and sensor technologies can increase productivity, improve animal welfare and optimise supply chain operations. However, this path to transformation is not without serious obstacles. Technical complexity, privacy concerns, and significant capital and expertise requirements pose significant challenges that must be overcome to fully exploit these technologies. This requires a paradigm shift in the livestock industry from traditional practices to an automated operating model based on big data. However, the potential impact of these technologies is not limited to operational improvements. They also offer the potential for a more sustainable and competitive livestock industry that combines economic growth with environmental protection and animal welfare. They envision a future in which livestock farming evolves from a mere source of food production to a model of efficiency, sustainability and humane treatment of animals [6].

In general, researchers identify seven main areas of application of AI in agriculture: crop management, water management, soil management, fertigation, crop forecasting, crop classification, and disease and pest control. In addition, twenty-four different methods of using artificial intelligence were identified. The most commonly used technologies were machine learning, deep neural network learning, robotics and the Internet of Things. The main benefits included optimising agricultural management systems, irrigation and disease and pest detection. It has been noted that the growing use of AI technologies in agriculture can be linked to the digitisation and processing of large amounts of data, which allows the use of intelligent methods in system optimisation and effective planning of agricultural production [7].

At the same time, a major problem hindering the implementation of AI technologies in agriculture, especially for small and medium-sized agricultural

production, is the mapping and digitisation of production processes. Recently, the cost of the necessary hardware and software has decreased. However, the cost of this equipment is still prohibitive for many farmers in many countries around the world. Another problem is the lack of skilled labour.

Conclusions. Agriculture is one of the priority sectors for the implementation of AI technologies. Together with other priority sectors such as industry, healthcare, transport and construction, agriculture has significant economic potential. According to expert estimates, the mass introduction of AI in agriculture can lead to a significant increase in gross value added and production productivity.

The main innovative areas for the development of research on the implementation of AI in agriculture are the development of computer vision for use by robots and unmanned aerial vehicles in crop classification, disease and pest identification and harvesting. In recent years, AI has been actively used in precision agriculture in conjunction with innovative concepts such as Smart Farming and Agriculture 4.0, based on the current information and communication data infrastructure. In the future, however, AI will contribute to the development of Agriculture 5.0, which will involve the synergy of digital and unmanned technologies to create new supply chains for agricultural products and solve global problems of civilisation.

References

1. Akkem, Y., Biswas, S.K. & Varanasi, A. (2023). Smart farming using artificial intelligence: A review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 120, 105899. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.105899>.
2. Dayioğlu, M.A., & Turker, U. (2021). Digital Transformation for Sustainable Future - Agriculture 4.0: A review. *Journal of Agricultural Sciences*, 27(4), 373–399. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.986431>.
3. Holzinger, A., Keiblinger, K., Holub, P., Zatloukal, K., & Müller, H. (2023). AI for life: Trends in artificial intelligence for biotechnology. *New biotechnology*, 74, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2023.02.001>.
4. Javaid, M., Haleem, A., Khan, I.H. & Suman, R. (2023). Understanding the potential applications of Artificial Intelligence in Agriculture Sector. *Advanced Agrochemistry*, 2(1), 15–30. <https://doi.org/10.1016/j.aac.2022.10.001>.
5. Kutyauripo, I., Rushambwa, M. & Chiwazi, L. (2023). Artificial intelligence applications in the agrifood sectors. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11, 100502. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100502>.
6. Neethirajan S. (2023). Artificial Intelligence and Sensor Technologies in Dairy Livestock Export: Charting a Digital Transformation. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(16), 7045. <https://doi.org/10.3390/s23167045>.
7. Oliveira, R.C.d., & Silva, R.D.d.S.e. (2023). Artificial Intelligence in Agriculture: Benefits, Challenges, and Trends. *Applied Sciences*, 13, 7405. <https://doi.org/10.3390/app13137405>.
8. Sharma, S., Verma, K., & Hardaha, P. (2023). Implementation of Artificial Intelligence in Agriculture. *Journal of Computational and Cognitive Engineering*, 2(2), 155–162. <https://doi.org/10.47852/bonviewJCCE2202174>.
9. Sridhar, A., Balakrishnan, A., Jacob, M. M., Sillanpää, M., & Dayanandan, N. (2023). Global impact of COVID-19 on agriculture: role of sustainable agriculture and digital farming. *Environmental*

science and pollution research international, 30(15), 42509–42525. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19358-w>.

10. Wakchaure, M., Patle, B.K. & Mahindrakar, A.K. (2023). Application of AI techniques and robotics in agriculture: A review. *Artificial Intelligence in the Life Sciences*, 3, 100057. <https://doi.org/10.1016/j.ailesci.2023.100057>.

Pavlo Lykhovyd, Raisa Vozhehova, Liudmyla Hranovska
DISCRIMINANT ANALYSIS AND LOGISTIC REGRESSION IN IRRIGATED
CROPLAND DETECTION USING REMOTELY SENSED NORMALISED
DIFFERENCE VEGETATION INDEX

Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of
Ukraine, Odesa, Ukraine

E-mail: pavel.likhovid@gmail.com; icsanaas@ukr.net; G_Ludmila15@ukr.net

Keywords: *aerospace monitoring, agricultural statistics, classification, machine learning*

Introduction. Remote sensing is a rapidly developing branch of modern science and technology. In recent decades, aerial monitoring has found its place in agriculture [1]. In addition to its traditional application in crop phenology, phytosanitary monitoring and yield prediction, it is also used in research devoted to determining the structure of croplands and crop mapping. The latter is mostly done by estimating the patterns of time series of vegetation indices, mainly Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) time series. As different crops are usually characterised by different NDVI seasonal patterns, these regularities are used as the basis for crop classification [2]. This principle is also used to distinguish between irrigated and non-irrigated croplands, which could be further mapped based on the classification results [3]. Mapping and dynamic monitoring of irrigated areas is particularly important in the current context of increasing freshwater scarcity, as it supports rational management of water resources in crop production [6].

There are many ways to solve the problem of accurate land classification based on remotely sensed NDVI. Decision tree, random forest, support vector machine, convolutional neural networks, multilayer perceptron, logistic regression, etc. are among the most commonly used methods for cropland detection. The best results are usually obtained with deep learning algorithms. However, they are complicated, require powerful hardware, and it is impossible to derive a clear mathematical model used to obtain the recognition result [4]. Logistic regression, which uses a sigmoid function to distinguish between classes, is often not inferior or only slightly inferior to other machine learning algorithms in distinguishing between two classes [5]. Another option is discriminant analysis, which is one of the simplest classification methods among those requiring low computational power. Despite the fact that some researchers point to its relatively low sensitivity and accuracy [7], discriminant analysis has been shown to be no worse than logistic regression when the classes or

groups are pre-determined by the researcher and the data are normally distributed [8].

The aim of this study was to evaluate the performance of both discriminant analysis and logistic regression in the classification of irrigated areas based on remotely sensed NDVI for crops such as wheat, maize, soya and sunflower.

Materials and methods. The analysis of the possibility of using NDVI time series to discriminate between irrigated and non-irrigated crops grown in southern Ukraine was performed using data from combined satellite images of Landsat-8 and Sentinel-2 with a resolution of 250 m, excluding distorted, low-quality images and those with high cloud cover. The time series of the vegetation index for randomly selected fixed fields of each crop (winter wheat, grain maize, soybean, sunflower) were summarised by monthly periods (for the period "May – October"). A total of 50 fields of each crop (25 irrigated and 25 non-irrigated), located mainly in the Kherson and Mykolaiv regions, were analysed for the period of 2018. The generalised data sample consisted of 200 fields, the total number of input data on the value of NDVI included 1200 data points. The mathematical analysis was performed according to the algorithms of multiclass linear discriminant analysis (MLDA) and canonical discriminant analysis (CDA) [9] and binary logistic regression (Newton's algorithm, 100 iterations) [10]. Calculations were performed in the BioStat v.7 and RealStatistics statistical packages at $P < 0.05$. Based on the results of the mathematical data processing, a canonical discriminant function and a logistic regression function were constructed to detect irrigated and non-irrigated areas. Comparison of the methods was made using the percentage of correct detections as a guide.

Results and discussion. As a result of the data analysis, two discriminant functions (for the irrigated and non-irrigated areas) and the regression function were developed. The classification matrix for the discriminant function is shown in Table 1.

Table 1. Classification matrix of the discriminant function for the detection of irrigated and non-irrigated cropland

Group \ Predicted	irrigated	rainfed	Total	Correctness
irrigated	91	9	100	91.0%
rainfed	8	92	100	92.0%
General	99	101	200	91.5%

The overall accuracy of the MLDA and CDA functions was 91.5% on average. The correlation coefficient of the function was 0.81, the coefficient of determination – 0.66. The pseudo- R^2 (coefficient of determination) for the logistic function was 0.73 (McFadden's algorithm), 0.64 (Cox and Snell's algorithm) and 0.85 (Nagelkerke's algorithm), respectively. The accuracy of the recognition was similar to that of the discriminant function – 91.5%. Thus, our results show that binary logistic regression is not superior to traditional linear discriminant analysis for the classification of irrigated and non-irrigated cropland. The accuracy of the two functions studied is the

same, as is the quality of the fit. The mathematical functions developed are based on the application 'Cropland Classifier', which was developed to provide an automated tool to distinguish between crop types and the type of moisture supply to the cropland.

Conclusions. The results of the study show that it is possible to use remotely sensed NDVI time series to accurately discriminate between irrigated and non-irrigated croplands. It should be noted that there is no difference in accuracy between discriminant analysis and logistic regression in terms of cropland classification. Therefore, each of the algorithms studied could be applied to similar tasks in agricultural science.

References

1. Navalgund, R.R., Jayaraman, V., & Roy, P.S. (2007). Remote sensing applications: An overview. *Current Science*, 93(12), 1747–1766.
2. Latif, M.A. (2019). Multi-crop recognition using UAV-based high-resolution NDVI time-series. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 7(3), 207–218. <https://doi.org/10.1139/juvs-2018-0036>.
3. Ozdogan, M., Yang, Y., Allez, G., & Cervantes, C. (2010). Remote sensing of irrigated agriculture: Opportunities and challenges. *Remote Sensing*, 2(9), 2274–2304. <https://doi.org/10.3390/rs2092274>.
4. Kussul, N., Lavreniuk, M., Skakun, S., & Shelestov, A. (2017). Deep learning classification of land cover and crop types using remote sensing data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 14(5), 778–782. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2017.2681128>.
5. Arista, A. (2021). Comparison decision tree and logistic regression machine learning classification algorithms to determine Covid-19. *Sinkron: Jurnal Dan Penelitian Teknik Informatika*, 6(1), 59–65. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v7i1.11243>.
6. Ketchum, D., Jencso, K., Maneta, M. P., Melton, F., Jones, M. O., & Huntington, J. (2020). IrrMapper: A machine learning approach for high resolution mapping of irrigated agriculture across the Western US. *Remote Sensing*, 12(14), 2328. <https://doi.org/10.3390/rs12142328>.
7. Liong, C.Y., & Foo, S.F. (2013). Comparison of linear discriminant analysis and logistic regression for data classification. *AIP Conference Proceedings*, 1522(1), 1159–1165. <https://doi.org/10.1063/1.4801262>.
8. El-Habil, A., & El-Jazzar, M. (2013). A comparative study between linear discriminant analysis and multinomial logistic regression. *An-Najah University Journal for Research - B (Humanities)*, 28(6), 1525–1548. <https://doi.org/10.35552/0247-028-006-008>.
9. Klecka, W.R. (1980). *Discriminant analysis*. Sage University Paper series. Quantitative Applications in the Social Sciences, Series No. 07-019. Beverly Hills and London: Sage Publications.
10. Menard, S. (2002). *Applied logistic regression analysis*. SAGE Publications, Inc., <https://doi.org/10.4135/9781412983433>.

Wydanie naukowe elektroniczne

Jeden Świat – Jedno Zdrowie.

**Materiały I Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Praktycznej,
4-5 czerwca 2024 r., Słupsk, Polska**

Redakcja: Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk, Oleksandr Lukash,
Oleksandr Yakovenko, Iryna Antonik

Słupsk: Instytut Biologii Uniwersytetu Pomorskiego w Słupsku,
języki: angielski, polski, ukraiński

Redaktorzy techniczni: Oleksandr Lukash, Oleksandr Yakovenko

Наукове електронне видання

Один Світ – Одне Здоров'я.

**Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції,
4-5 червня 2024 року, Слупськ, Польща**

Редактори: Галина Ткаченко, Наталія Кургалюк, Олександр Лукаш,
Олександр Яковенко, Ірина Антонік

Слупськ, Інститут Біології Поморського Університету в Слупську,
мови: англійська, польська, українська

Технічні редактори: Олександр Лукаш, Олександр Яковенко

Scientific electronic edition

One World – One Health.

**Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference,
4-5 June 2024, Słupsk, Poland**

Editors: Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk, Oleksandr Lukash,
Oleksandr Yakovenko, Iryna Antonik

Słupsk: Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk,
languages: English, Polish, Ukrainian

Technical Editors: Oleksandr Lukash, Oleksandr Yakovenko



1

ARCISZEWSKIEGO

Przystanek
Ceramikarnia