

НПП Синевир. (2017). Літопис природи національного природного парку «Синевир» (науково-дослідна робота) за 2017 рік, 17. НПП Синевир

Укрдержліспроєкт. (2016). *Матеріали лісовпорядкування території національного природного парку «Синевир». Таксація лісу 2015-2016рр.* ВО «Укрдержліспроєкт», Ірпінь.

Дослідження впливу наночастинок ні на показники індукованих мутацій у *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830

Марина Ячна, Юлія Климовець, Ольга Мехед, Олександр Третьак

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

Чернігів, Україна, *m_yachna@ukr.net, ula048182@gmail.com,*

mekhedolga@gmail.com, alexandr.tretyak@gmail.com

Ключові слова: наночастинок, індуковані мутації, нікель, мутагенез

У сучасному світі наночастинок знаходять широке застосування у різних галузях, таких як косметологія, медицина, харчова промисловість та багато інших. Наночастинок допомагають уповільнити проникнення вологи та зменшити газообмін через пакувальні матеріали, а деякі з них мають антимікробні властивості.

На клітинному рівні наночастинок можуть проникати в еукаріотичні клітини шляхом ендоцитозу або дифузії, після чого взаємодіють з органелами, такими як ядро, мітохондрії та лізосоми. Це може порушувати їхню функцію. Вплив наночастинок часто супроводжується утворенням активних форм кисню, що викликає окислювальний стрес і може спричинити пошкодження ДНК, ліпідів і білків (Білоконь, 2020). Такі пошкодження негативно впливають на клітинний метаболізм і функції.

Серед еукаріотичних організмів найкращою моделлю для досліджень є *Drosophila melanogaster*, оскільки у неї понад 60% генів ідентичні генам *Homo sapiens*. Завдяки вивченню генетики плодової мушки та маніпуляціям з певними генами, дослідникам вдалося дослідити молекулярні механізми таких патологічних станів, як рак, а також неврологічні, серцеві та метаболічні захворювання.

Метою нашої роботи було дослідити вплив наночастинок Нікелю на життєздатність особин різної статі та мутагенез у *Drosophila melanogaster*.

Матеріали та методи. Для дослідження впливу наночастинок Нікелю було взято чисті лінії мух з наступними мутаціями: *white*, *vestigial*, *black*, *yellow* та *Var*. Мухи були розділені на три групи: дві експериментальні та контрольна. До поживного середовища експериментальних груп були внесені наночастинок Ні у концентрації 0,1 мг/см³ та 0,01 мг/см³. Експеримент тривав з січня по червень 2024 року, загальна досліджених особин в межах 660. Для проведення експерименту в кожен пробірку поміщали по 5 плодкових мушок (♂ - 2 та ♀ - 3).

Анатомо-морфологічні особливості *D. melanogaster* роблять її зручною для маніпуляцій: фенотипово легко розрізнити особин за статтю.

Для проведення ідентифікації мутацій, які проявляються в модельних об'єктах ми проводили класичне схрещування батьківських організмів та аналізували нащадків F_1 та F_2 поколінь. Друге покоління вирощувалось без додавання наночасток до поживного середовища.

Аналіз мутаційних змін, які виникли в модельних об'єктах ми проводили у двох поколіннях згідно загальноновизнаної прикладної методики Kimak-Holub (Терновська, 2010).

Основні результати. Ми спостерігали появу індукованих мутацій у різних ліній (за статтю) у F_1 при дії різних концентрацій наночасточок Ni. За концентрації $0,1 \text{ мг/см}^3$ поява мутацій спостерігаються майже в кожній з досліджуваних ліній. За меншої концентрації – $0,01 \text{ мг/см}^3$ – поява мутацій спостерігалася лише у мушок лінії *Var* (у самок). Можна відмітити, що значно більше мутацій за чисельністю за дії наночасточок спостерігається за концентрації $0,1 \text{ мг/см}^3$.

У співвідношенні кількість особин з мутаціями до загальної кількості потомства в кожній лінії F_1 за різних концентрацій можна відмітити лінію *white*, на представників якої діяли наночастки у концентрації $0,1 \text{ мг/см}^3$, де відсоток особин з мутаціями знаходиться в межах 50%. У лінії *vestigial* появу мутацій за концентрації $0,01 \text{ мг/см}^3$ не виявлено. Важливо відмітити, що основними мутаціями інших ліній є загнуті та редуковані крила, що підтверджується у дослідженнях інших науковців (Любчикова та ін., 2022).

Крім дослідження потомства (перше покоління), нами було проведено схрещування особин F_1 з метою виявлення у F_2 рецесивних мутацій, спричинених дією наночасточок. В другому поколінні у лінії *black* були відсутні F_2 мухи в обох експериментальних групах, а також потомства у лінії *yellow*, батьки яких піддавались впливу концентрації Ni $0,1 \text{ мг/см}^3$. Треба зазначити, що особини F_2 лінії *white* у контрольній групі не виявлено.

Звертаючи увагу на появу мутації у особин F_2 можемо відмітити, що знову найбільша кількість мутацій спостерігається у лінії *white*, причому в рівному представництві як у самок, так і у самців. За співвідношенням в межах 80% від загальної кількості для концентрації $0,1 \text{ мг/см}^3$ і 70% – для концентрації $0,01 \text{ мг/см}^3$.

У відношенні до лінії *vestigial* також можна відмітити появу мутацій. Спостерігали або закручені крила, або реверсію до дикого типу (нормальні крила), що також корелює із літературними джерелами (Yaschenko et al, 2023). За концентрації наночастинок Ni у $0,1 \text{ мг/см}^3$ відсоток мутантів майже сягав 70%, за $0,01 \text{ мг/см}^3$ – біля 30%. Загалом аналіз потомства другого покоління проводили з метою виявлення можливих рецесивних мутації, які могли виникнути у F_1 : наприклад, в лінії *vestigial* за обох концентрацій, в лінії *white* – за концентрації $0,01 \text{ мг/см}^3$.

В обох поколіннях не відмічено мутацій зчеплених зі статтю. Мутантів самок і самців була приблизно однакова кількість у кожній лінії.

Також відмічено, що відсоток носіїв мутацій від загальної кількості у другому поколінні збільшився: *white* з 50% виріс до майже 80% для

концентрації Ni 0,1 мг/см³, і з 0% до майже 70% для Ni 0,01 мг/см³; лінія *vestigial*, у представників якої не виявлено мутацій у першому поколінні, у другому поколінні загальна чисельність мутантів досягла 50% для Ni 0,1 мг/см³, і в межах 30% для Ni 0,01 мг/см³; у лінії Bar у F₁ мутанти виявлені в межах 15%, а у F₂ – в межах 20%.

Висновки. Генетичні зміни, спричинені наночастинками, можуть впливати на експресію генів, які визначають стать, що призводить до зміни співвідношення статей у майбутніх поколіннях. Крім того, наночастинки можуть викликати гормональний дисбаланс, що впливає на нерівномірний розвиток або виживання самців у порівнянні з самками.

Література

Білоконь, С. (2020). *Drosophila melanogaster* як тест-система *in vivo* для виявлення генотоксичної дії потенційно-небезпечних препаратів та речовин: методичні вказівки до розділу великого спеціального практикуму. Одеський національний університет імені І. І. Мечникова.

Дерев'янка, С. В., Васильченко, А. В., & Магеррамзаде, Н. І. (2020). Біологічна активність наночастинок Нікелю. *Сільськогосподарська мікробіологія*, 1(31), 36–43.

Любчикова, Д. Р., Ячна, М., Мехед, О., & Третяк, О. (2024, 14 травня). *Особливості розвитку D. melanogaster та виникнення мутацій за дії наночастинок*. [Тези доповіді на конференції]. Актуальні питання біологічної науки. X Міжнародна заочна науково-практична конференція, Київ, Україна.

Любчикова, Д., & Яценко, А. (2022, 10 квітня). *Вплив наночастинок на показники індукованих мутацій в популяції Drosophila melanogaster*. [Тези доповіді на конференції]. Молодь і поступ біології, Львів, Україна.

Терновська, Т. (2010). *Генетичний аналіз. Навчальний посібник з курсу «Загальна генетика»*. Видавничий дім «Києво-Могилянська академія».

Yaschenko, A., Yachna, M., Mekhed, O., & Tretiak, O. (2023). Influence of nanoparticles (Ti, Ni, Si) on indicators of induced mutations of *Drosophila melanogaster*. *BHT: Biota. Human. Technology*, 1, 34–40.