

УДК 504.05:57.04:581.143

¹Ткачук Н. В., к. б. н., доцент, ²Зелена Л. Б., к. б. н., с. н. с.,
³Крапивний С.Б.

¹Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка,
Чернігів, Україна

²Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України,
²Київський національний університет технологій та дизайну,
Київ, Україна

³Чернігівський ліцей №32, Чернігів, Україна

ЗАСОБИ ДЛЯ МИТТЯ ПОСУДУ У ПОСУДОМИЙНИХ МАШИНАХ ЯК ЗАБРУДНЮВАЧІ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА: ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ЗА *LEPIDIUM SATIVUM* L.

Із початку 21 століття стабільне розширення місткості ринку синтетичних мийних засобів в Україні пов'язують із підвищенням вимог споживачів до якості життя, зокрема, зростанням пропозицій пральних та посудомийних машин [1]. Упродовж останнього десятиліття в Україні спостерігалася тенденція до збільшення частки синтетичних миючих засобів для прання в автоматичних машинах [2] та для миття посуду [3]. Значна токсичність побутових стоків із вмістом синтетичних миючих засобів може погіршувати процес біоочистки [4-5]. Постійне надходження недостатньо очищених або неочищених побутових стічних вод у водні екосистеми ставить питання про виробництво екологічно чистих мийних засобів [6-7]. Для оцінки токсичності різних сполук застосовують біотестування, зокрема з крес-салатом (*Lepidium sativum* L.) [8-9]. Метою даної роботи було дослідження токсичності засобів для миття посуду у посудомийних машинах (ЗМППМ) за фітотестом із крес-салатом.

У дослідженні використано ЗМППМ («Все в 1») широкодоступні у торговельній мережі України. З метою запобігання звинувачень у рекламі або антирекламі засобів ми не наводимо їх торгові назви. За інформацією виробників склад досліджуваних засобів наступний: ЗМППМ1 (фосфонатвмісний): 5-15% відбілювач на основі кисню, фосфонати, полікарбоксилати, < 5% неіоногенні поверхнево-активні речовини (ПАР), ензими, ароматизатори (зокрема лімонен, бензиловий спирт); ЗМППМ2 (безфосфатний): > 30% натрію сульфат, 15-30% натрію цитрат, 15-30% натрію хлорид, 15-30% натрію карбонат, 5-15% відбілювач на основі кисню, <5% полікарбоксилати, <5% натрію силікат, <5% неіоногенні ПАР, <5% тетраацетилетилендіамін, <5% протеаза, <5% амілаза, <5% ароматична композиція, <5% піногасник. Концентрації досліджуваних ЗМППМ у досліджуваних розчинах становили 10 %, 5 %, 1,0 % та 0,5 %.

Як тест-рослину використали крес-салат (*L. sativum*) сорту «Афродіта». Методику дослідження наведено раніше [9]. На 3-ю добу визначали енергію

проростання, на 5-у добу – схожість та довжину надземної частини та коріння. Розраховували наступні фітотоксичні індекси: індекс довжини корінців (ІДК), фітотоксичний ефект розчинів (ФЕ), індекс токсичності розчинів для кожної тест-функції (ІТФ), середній індекс токсичності досліджуваних розчинів (ІТФ_{сер}) [9-11]. Статистичну обробку даних здійснювали з використанням програми Microsoft Office Excel 2010.

Результати дослідження енергії проростання та схожості насіння крес-салату наведено в таблиці 1, а розраховані фітотоксичні індекси – в таблиці 2.

Таблиця 1 – Енергія проростання та схожість насіння тест-рослини

| Варіант досліджу | Енергія проростання, % | Схожість, % |
|------------------|------------------------|----------------|
| Контроль | 100 | 100 |
| ЗМППМ1 10% | 0 | 0 |
| ЗМППМ1 5% | 0 | 0 |
| ЗМППМ1 1% | 23,0 ± 3,0* ** | 33,0 ± 7,0* ** |
| ЗМППМ1 0,5% | 67,0 ± 3,0* | 67,0 ± 3,0* |
| ЗМППМ2 10% | 0 | 0 |
| ЗМППМ2 5% | 0 | 0 |
| ЗМППМ2 1% | 7,0 ± 3,0* ** | 7,0 ± 3,0* ** |
| ЗМППМ2 0,5% | 67,0 ± 9,0* | 73,0 ± 3,0* |

Примітка: * – відмінності від контролю достовірні при $p \leq 0,05$; ** – відмінності від безфосфатного/фосфонатвмісного засобу достовірні при $p \leq 0,05$

Таблиця 2 – Фітотоксичні індекси

| Варіант досліджу | ІДК | ФЕ, % | ІТФ _{сер} |
|------------------|-------|-------|--------------------|
| Контроль | 0,00 | 0,00 | 1 |
| ЗМППМ1 10% | -1 | 100 | 0 |
| ЗМППМ1 5% | -1 | 100 | 0 |
| ЗМППМ1 1% | -0,96 | 95,73 | 0,17 |
| ЗМПП1 0,5% | -0,93 | 92,38 | 0,37 |
| ЗМППМ2 10% | -1 | 100 | 0 |
| ЗМППМ2 5% | -1 | 100 | 0 |
| ЗМППМ2 1% | -0,97 | 96,95 | 0,04 |
| ЗМППМ2 0,5% | -0,94 | 93,90 | 0,39 |

Встановлено, що 5%-ий та 10%-ий розчини повністю пригнічують схожість та ріст насіння тест-рослини і за розрахованими індексами є екстремально токсичними (див. табл. 1-2). Зменшення концентрації засобів у 5-20 разів (1%-ий та 0,5%-ий розчини) не забезпечує суттєвого зменшення токсичності, яка залишається екстремальною (див. табл. 1-2). При цьому токсичність фосфонатвмісного та безфосфатного засобів була на одному рівні. Перспективою подальших досліджень є оцінка порівняльної фітотоксичності засобів з використанням їх меншої концентрації.

Використані інформаційні джерела:

1. Волошина С. В., Козлова В. В. Стан і перспективи розвитку ринку синтетичних мийних засобів в Україні. *Економіка та суспільство*. 2017. Вип. 10. С. 222–225.
2. Вакуліч А. М., Курінна І. Г., Харкута О. В. Основні тенденції та прогноз розвитку ринку мюючих засобів в Україні. *Академічний огляд*. 2010. №2 (33). С. 147–151.
3. Черничко С. Ф., Борисенко К. В., Гришан М. М. Тенденції та перспективи розвитку ринку товарів побутової хімії в Україні та Закарпатській області. *Бізнесінформ*. 2018. №10. С. 442–447.
4. Cornel P., Schaum C. Phosphorus recovery from wastewater: needs, technologies and costs. *Water Science and Technology*. 2009. № 59. P. 1069–1076.
5. Bashar R., Gungor K., Karthikeyan K.G., Barak P. Cost effectiveness of phosphorus removal processes in municipal wastewater treatment, *Chemosphere*. 2018. №7. P. 195–217.
6. Rebello S., Anoopkumar A., Sindhu R., Binod P., Pandey A., Aneesh E.M. Comparative Life-Cycle Analysis of Synthetic Detergents and Biosurfactants – an overview. *Refining Biomass Residues for Sustainable Energy and Bioproducts / Praveen Kumar R., Gnansounou E., Raman J.K., Baskar G. 1st Edition, Elsevier*. 2019. P. 511–521.
7. Веренікін О. М. Удосконалення технологій для виробництва екологічно чистих мюючих засобів: дис... канд. техн. наук. 21.06.01 / Державна екологічна Академія післядипломної освіти та управління, Національний ун-т біоресурсів і природокористування України. Київ, 2021. 281 с.
8. Božym M. Assessment of phytotoxicity of leachates from landfilled waste and dust from foundry. *Ecotoxicology*. 2020. №29. P. 429–443.
9. Tkachuk N., Zelena L., Fedun O. Phytotoxicity of the aqueous solutions of some synthetic surfactant-containing dishwashing liquids with and without phosphates. *Environmental Engineering and Management Journal (EEMJ)*. 2022. Vol. 21, №6. P. 965–970.
10. Багдасарян А. С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: дис... канд. биол. наук: 03.00.16 / Ставропольский государственный у-нт, Ставрополь, 2005. 159 с.
11. Tkachuk N., Okulovych I. Toxicity of aqueous solutions of cosmetics in phytotest with *Lepidium sativum* L. *Agrobiodiversity for Improving, Nutrition, Health and Life Quality*. 2021. Vol. 5, N 2. P. 348–354.