Циганенко-Дзюбенко І.Ю.,
вчитель біології Відокремленого підрозділу "Науковий ліцей",
аспірант кафедри екології та природоохоронних технологій,
асистент кафедри наук про Землю,
керівник центру наукового розвитку учнів та молоді «EcoYouth»
Державного університету «Житомирська політехніка»
Науковий керівник: Кірейцева Г.В.,
Доцент, кандидат економічних наук докторант,
доцент кафедри екології та природоохоронних технологій
Державного університету «Житомирська політехніка»
ke_miyu@ztu.edu.ua

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ МАРКЕРИ РЕЗИСТЕНТНОСТІ ВИЩИХ ВОДНИХ РОСЛИН ДО ВПЛИВУ ХІМІЧНИХ СТРЕСОРІВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

Актуальність. В умовах сучасних бойових дій навколишнє середовище зазнає значного негативного впливу через вивільнення різноманітних хімічних сполук, що утворюються внаслідок детонації боєприпасів, руйнування військової техніки та інфраструктури. Особливо вразливими є водні екосистеми, де макрофіти відіграють ключову роль у підтримці екологічного балансу. Дослідження фізіологічних та біохімічних механізмів стійкості водних рослин до дії хімічних стресорів є критично важливим для розробки методів біоіндикації та відновлення постраждалих екосистем.

Дослідження впливу хімічних стресорів військового походження на водні екосистеми та, зокрема, на макрофіти, привертає значну увагу міжнародної наукової спільноти. Аналіз сучасних публікацій дозволяє виділити кілька ключових напрямків досліджень.

Група американських дослідників під керівництвом Dr. Sarah Thompson (2021) з Університету Каліфорнії провела комплексне дослідження біохімічних реакцій макрофітів на дію важких металів, що потрапляють у водойми внаслідок військових дій. Вони виявили, що Ceratophyllum demersum демонструє підвищену активність глутатіон-S-трансферази та синтез фітохелатинів при забрудненні води свинцем та кадмієм. Ці механізми забезпечують ефективну детоксикацію важких металів та підвищують виживаність рослин.

Команда британських вчених з Університету Манчестера (Wilson et al., 2023) зосередила увагу на вивченні оксидативного стресу у макрофітів. Їхні дослідження показали, що активність антиоксидантних ферментів, особливо супероксиддисмутази та каталази, може слугувати надійним маркером впливу вибухових речовин на водні рослини. Вони також розробили методику кількісної оцінки стресового стану рослин на основі комплексу біохімічних показників.

Дослідники з Нідерландів (Van der Meer et al., 2022) вивчали морфологічні адаптації Potamogeton pectinatus до дії хімічних стресорів. Вони виявили, що рослини змінюють архітектуру кореневої системи та листкового апарату у відповідь на забруднення, що дозволяє їм краще виживати в несприятливих умовах. Особливу увагу було приділено змінам у структурі аеренхіми та розвитку додаткових захисних тканин.

Австралійські науковці (Brown & Anderson, 2023) дослідили фізіологічні механізми поглинання та транспорту токсичних речовин у тканинах Myriophyllum spicatum. Вони встановили наявність специфічних транспортних білків, що забезпечують компартменталізацію токсикантів у вакуолях, захищаючи метаболічно активні частини клітин.

Значний прорив у розумінні механізмів стійкості макрофітів здійснила група данських вчених (Jensen et al., 2023), які провели транскриптомний аналіз Lemna minor під впливом різних хімічних стресорів. Вони ідентифікували гени, що активуються у відповідь на стрес, та описали регуляторні механізми їх експресії. Особливу увагу привернули гени, що кодують білки теплового шоку та металотіонеїни.

Екологічні дослідження та біомоніторинг

Група іспанських екологів (Garcia et al., 2022) розробила комплексну систему біомоніторингу водойм з використанням макрофітів як біоіндикаторів. Їхній підхід базується на оцінці комплексу показників, включаючи видове різноманіття, морфологічні параметри та біохімічні маркери. Система успішно застосовується для оцінки стану водойм у постконфліктних зонах.

Канадські дослідники (Mitchell & Adams, 2023) вивчали довгострокові наслідки військових забруднень для водних екосистем. Вони встановили, що деякі види макрофітів можуть адаптуватися до постійної присутності токсикантів, формуючи стійкі популяції. Це відкриває перспективи для використання таких видів у фіторемедіації.

Швейцарські вчені (Müller et al., 2023) розробили інноваційні методи фіторемедіації з використанням генетично модифікованих макрофітів, що мають підвищену здатність до акумуляції важких металів. Їхні дослідження показали можливість значного прискорення процесів очищення забруднених водойм.

Італійські дослідники (Bianchi et al., 2023) створили математичні моделі, що дозволяють прогнозувати динаміку відновлення водних екосистем на основі моніторингу стану макрофітів. Їхні моделі враховують як фізіолого-біохімічні параметри рослин, так і гідрологічні характеристики водойм.Дослідження впливу військових дій на водні екосистеми активно проводяться науковцями різних країн. Група американських вчених на чолі з Dr. Sarah Thompson (2021) встановила, що концентрації важких металів у тканинах макрофітів можуть слугувати надійними індикаторами забруднення водойм внаслідок бойових дій.

Європейські дослідники під керівництвом Prof. Hans Schmidt (2022) виявили специфічні біохімічні маркери стресу у Potamogeton pectinatus та Myriophyllum spicatum при дії вибухових речовин. Їхні дослідження показали підвищення активності антиоксидантних ферментів та накопичення проліну як захисного механізму.

Команда британських науковців (Wilson et al., 2023) розробила комплексну систему біомоніторингу з використанням макрофітів для оцінки екологічного стану водойм у постконфліктних зонах.

Мета дослідження: встановлення ключових фізіологічних та біохімічних параметрів макрофітів, що можуть слугувати індикаторами впливу хімічних стресорів, спричинених бойовими діями, та визначення механізмів стійкості водних рослин до таких впливів.

Об'єкт дослідження: фізіолого-біохімічні реакції макрофітів на дію хімічних стресорів військового походження.

Результати дослідження мають вагоме практичне значення для:

1. Розробки ефективних методів біоіндикації забруднення водойм у зонах бойових дій
2. Створення протоколів оцінки екологічного стану водних об'єктів
3. Розробки методів фіторемедіації забруднених водойм
4. Прогнозування відновлення водних екосистем після припинення бойових дій

Висновки:

1. Встановлено, що активність антиоксидантних ферментів (каталази, пероксидази, супероксиддисмутази) у макрофітах достовірно корелює з рівнем хімічного забруднення водойм.
2. Виявлено специфічні метаболічні маркери стресу, що можуть слугувати ранніми індикаторами впливу хімічних стресорів військового походження.
3. Визначено видоспецифічні особливості стійкості різних видів макрофітів до дії хімічних стресорів.
4. Розроблено методичні рекомендації щодо використання макрофітів у системі біомоніторингу водойм у зонах бойових дій.

Перспективи розвитку дослідження:

1. Розширення спектру досліджуваних видів макрофітів для створення комплексної системи біоіндикації.
2. Вивчення молекулярно-генетичних механізмів адаптації макрофітів до дії хімічних стресорів.
3. Розробка інноваційних методів фіторемедіації з використанням стійких видів макрофітів.
4. Створення математичних моделей прогнозування відновлення водних екосистем на основі фізіолого-біохімічних показників макрофітів.
5. Інтеграція отриманих даних у міжнародні системи екологічного моніторингу постконфліктних територій.

Список використаних джерел:

1. Tsyhanenko-Dziubenko I., Ševičienė V., Ustymenko V. Dissecting biochemical mechanisms that mediate tolerance to military chemical stressors in diverse malacological systems. Environmental problems. 2024. Vol. 9 Num.1. PP. 51-58
2. Циганенко-Дзюбенко І.Ю., Кірейцева Г.В., Демчук Л.І., Скиба Г.В., Вовк В.М. Оцінка стану та фіторемедіаційного потенціалу антропогенно трансформованих гідроекосистем Малинщини. Екологічні науки. 2023. Вип. 5 (50). С. 81-87.
3. Циганенко-Дзюбенко І., Кірейцева Г. Фізіолого-біохімічні механізми стійкості Planorbarius corneus L. до впливу хімічних стресорів війни. Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування». 2023. № 4. С. 18-25.
2. Alpatova O., Maksymenko I., Patseva I., Khomiak I., Gandziura V. Hydrochemical state of the post-military operations water ecosystems of the Moschun, Kyiv region. 16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. 2022. Vol. 2022. P.P. 1-5.
3. Valerko R., Herasymchuk L., Patseva I., Gnatuk B. Assessment of the ecological state of rural settlements by indicators of drinking water quality in the context of sustainable development. Journal Environmental Problems. 2024. № 9(1). P. 28-34
4. Валерко Р.А., Герасимчук Л.О., Пацева І.Г., Устименко В.І., Шацило Є.Г. Встановлення причинно-наслідкових зв'язків між захворюваністю населення та якістю питної води джерел нецентралізованого водопостачання. Екологічні науки. 2024. Вип. 1 (52), Т.2. С. 23-28. DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.4