Отримані результати свідчать про наявність помірного військово-техногенного навантаження на ґрунти полігону. Незважаючи на відсутність перевищення нормативів за більшістю важких металів, зміни кислотності та зниження вмісту поживних елементів можуть негативно впливати на екологічний стан території та процеси природного відновлення ґрунтового покриву. Подальший моніторинг таких територій є необхідною умовою забезпечення екологічної безпеки та розроблення заходів щодо рекультивації земель.

Список використаних джерел

1. Skalny A. V., Aschner M., Bobrovnitsky I. P., Chen P., Tsatsakis A., Paoliello M. M., Djordevic A. B., Tinkov A. A. (2021). Environmental and health hazards of military metal pollution. *Environmental Research*, 201. 111568. doi: 10.1016/j.envres.2021.111568.
2. McNutt M., Hildebrand J. (2022). Scientists in the line of fire. *Science*, 375(6585). 1071.doi:10.1126/science.abp8817.
3. Shaforost Yu. A., Galagan R. L., Korol Ya. D., Lut, O. A. (2022). Basics of waste-free processing of sludge waste from «Cherkasy Khimvolokno» chemical plant. *Voprosy Khimiii Khimicheskoi Tekhnologii*, № 6, 108-114. doi: 10.32434/0321-4095-2022-145-6-108-114.

БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ФІТОТОКСИЧНОСТІ ҐРУНТІВ ТЕРИТОРІЙ ВІЙСЬКОВИХ НАВЧАНЬ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вероніка Шкута, Юлія Шафорост
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
e-mail: ZdorYulia@ukr.net

Військова діяльність належить до чинників антропогенного впливу, що можуть спричиняти порушення фізико-хімічних властивостей ґрунтів та накопичення в них продуктів руйнування боєприпасів, важких металів і залишків вибухових речовин. В умовах російсько-української війни проблема оцінювання екологічного стану територій, які зазнають військово-техногенного навантаження, набуває особливої актуальності. Важливим аспектом таких досліджень є не лише визначення концентрацій забруднювачів у ґрунті, а й оцінювання їхнього сумарного біологічного впливу на живі організми.

Одним із ефективних підходів до оцінювання екологічного стану ґрунтів є біотестування з використанням рослинних тест-об'єктів [1, 2]. Метод дозволяє встановити інтегральний вплив комплексу забруднювачів на ріст і розвиток рослин та врахувати можливі синергічні ефекти між окремими компонентами забруднення [3]. Як тест-об'єкт у дослідженні використано цибулю городню (*Allium cepa* L.), яка характеризується високою чутливістю до змін якості ґрунтового середовища та широко застосовується в екотоксикологічних дослідженнях.

Метою роботи було оцінити фітотоксичність ґрунтів із територій військових навчань Черкаської області за допомогою біоіндикаційного тесту з використанням цибулі городньої Allium cepa L. та встановити можливий зв'язок між токсичністю ґрунту і вмістом важких металів.

Для дослідження використовували зразки ґрунту, відібрані на території військового полігону Черкаської області в місцях проведення навчань, а також на контрольній ділянці поза зоною активного військового впливу. Попередні хімічні дослідження показали

наявність підвищеного вмісту заліза, свинцю та марганцю порівняно з фоновими значеннями, хоча перевищення гранично допустимих концентрацій не було виявлено [4].

Для кількісної оцінки токсичного впливу досліджуваних ґрунтів визначали фітотоксичний ефект (ФЕ), який характеризує ступінь пригнічення ростових показників тест-рослин порівняно з контролем. Розрахунок здійснювали на основі морфометричних параметрів рослин, зокрема довжини кореневої системи. Значення фітотоксичного ефекту визначали за формулою:

$$\text{ФЕ} = \frac{M_o - M_x}{M_o} \cdot 100\ \%,$$

де ФЕ – фітотоксичний ефект, %; M_o – значення морфометричного показника у контрольному варіанті; M_x – значення відповідного показника у дослідному варіанті.

Оцінювання рівня токсичності ґрунту здійснювали за величиною фітотоксичного ефекту (ФЕ), який характеризує ступінь пригнічення росту кореневої системи тест-об'єкта порівняно з контролем. Значення ФЕ до 20 % свідчили про відсутність або слабко виражену токсичну дію. Інтервал від 20 до 40 % відповідав середньому рівню токсичності. За значень 40–60 % токсичність оцінювали як підвищену, 60–80 % – як високу, а при перевищенні 80 % – як дуже високу, що вказувало на значне пригнічення ростових процесів рослин.

Оцінку фітотоксичності проводили методом пророщування цибулин *Allium cepa* L. у водних витяжках ґрунту протягом 72 годин за кімнатної температури. Як контроль використовували дистильовану воду. Після завершення експозиції визначали середню довжину коренів тест-об'єкта та розраховували фітотоксичний ефект за ступенем інгібування їх росту порівняно з контролем.

Результати досліджень показали, що середня довжина коренів у контрольному варіанті становила 11,8 мм. Для зразків ґрунту, відібраних у місцях проведення військових навчань, цей показник знижувався до 9,8–10,6 мм, тоді як для контрольної ділянки становив 11,2 мм. Розрахований фітотоксичний ефект для ґрунтів вибухових вирв перебував у межах 10,2–16,9 %, що відповідає слабкому рівню токсичності. Для контрольного зразка значення фітотоксичного ефекту не перевищувало 5,1 %.

Отримані результати свідчать про незначне пригнічення ростових процесів тест-об'єкта під впливом компонентів ґрунтових витяжок із територій військових навчань. Найбільше зменшення довжини кореневої системи спостерігалося у зразках, відібраних безпосередньо з вибухових вирв, що може бути пов'язано з локальним накопиченням рухомих форм металів та зміною фізико-хімічних властивостей ґрунту. Встановлене раніше підкислення ґрунтів (pH 3,8–4,2) могло сприяти підвищенню біодоступності окремих елементів і посиленню їх впливу на ріст рослин.

Таким чином, біоіндикаційне тестування виявило слабку фітотоксичність ґрунтів територій військових навчань Черкаської області. Незважаючи на відсутність перевищення нормативних концентрацій важких металів, спостерігалося незначне пригнічення росту кореневої системи Allium cepa L., що може бути пов'язано із сукупною дією металів та змінами агрохімічних властивостей ґрунту. Отримані результати підтверджують доцільність використання методів біотестування для екологічного моніторингу військових полігонів.

Список використаних джерел

1. Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій. Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління. Нові технології. 2010. № 3(29). С. 164–171.

2. Горон М., Джура Н., Романюк О. та ін. Фітотестування як експрес-метод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів. Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2012. Вип. 58. С. 185–192.

3. Тригуб В. І., Домусчи С. В. Біотестування як метод дослідження токсичності ґрунтів. Вісн. Одес. нац. ун-ту. Сер.: Географічні та геологічні науки. 2020. Т. 25. Вип. 2(37). С. 112–127. https://doi.org/10.18524/2303-9914.2020.2(37).216565.

4. Shaforost Yu., Pogrebniak O., Lut O., Litvin V., Shevchenko O. (2024). Chemical military-technogenic load on the soils of military training grounds. Plant and Soil Science, 15(2), 67-79. https://doi.org/10.31548/plant2.2024.67

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТА ПРОДУКТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ

Жанна Новак, Євгеній Зубко
Уманський національний університет
e-mail: evgenijzubko060@gmail.com

В умовах змін глобальних і регіональних кліматичних трендів оптимізація структурних елементів врожаю зернових культур значною мірою залежить від екологічної пластичності генотипів, обумовленої їхніми генетичними особливостями. Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare L.*), зокрема, відіграє важливу роль у структурі сучасного землеробства завдяки своїй високій агрономічній цінності [6]. Однак непередбачувані коливання погодних умов у критичні фази онтогенезу цієї культури створюють значні загрози для стабільного виробництва зерна [2].

Вивчення взаємодії системи «генотип–середовище» є ключовим етапом у розробці кліматично адаптованих технологій вирощування. Сучасні кліматичні виклики вимагають нових підходів у селекції та біотехнологіях, які спрямовані на підвищення стійкості ячменю до абіотичних стресових чинників [5]. Зокрема, для зони Центрального Лісостепу України, до якої належить Уманське плато, основними лімітувальними факторами залишаються дефіцит продуктивної вологи та температурний стрес під час критичних фаз репродуктивного розвитку [4].

Відповідно до моделей кліматичних змін, зростання температур може серйозно впливати на процеси наливу зерна, що у свою чергу відбивається на його якості: вирівняності, масі тисячі зерен та вмісті білка. Це створює ризики для стабільного забезпечення пивоварної якості зерна [3].

Оптимізація адаптивних параметрів сортів ячменю є важливим чинником підвищення його ефективності у несприятливих умовах. Значну роль тут відіграє вибір сортів з високою екологічною пластичністю − інтенсивних (значення $bi > 1{,}0$) та універсальних, або пластичних ($bi \approx 1{,}0$), які проявляють стабільний рівень гомеостазу. Дослідження показують, що сорти ячменю ярого для Лісостепу значно різняться за рівнем адаптивності [3, 4].

У стресових умовах пластичні сорти виявляють здатність зберігати стабільну продуктивність завдяки мобілізації внутрішніх ресурсів та ефективнішому використанню вуглеводів, тоді як інтенсивним сортам потрібне оптимальне живлення для компенсації зовнішніх стресів [3].