

КРИТЕРІЇ АГРОЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ФІТОРЕМЕДІАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДИКОРΟΣЛИХ РОСЛИН ЩОДО ДДТ

В.А. Петришина, Л.І. Моклячук

Інститут агроекології УААН

Досліджено перспективу застосування дикорослих видів рослин для фітореємедіації ґрунтів. Запропоновано критерії агроекологічної оцінки фітореємедіаційного потенціалу дикорослих рослин до накопичення ДДТ в умовах полікомпонентного забруднення ґрунтів пестицидами.

Фітореємедіація — спосіб відновлення ґрунтів, що базується на фізіологічних та біохімічних властивостях рослин накопичувати всі види забруднювачів та розкласти органічні ксенобіотики [1]. На сучасному етапі триває пошук видів рослин, здатних накопичувати або розкласти пестициди для очищення забруднених територій. У роботах вітчизняних та зарубіжних вчених С.Д. Мельничука, В.Й. Лоханської, Дж. Ввайта, Б. Зіб, А. Нуржанової показано перспективу фітотехнологій, які базуються на природних фізіологічних процесах у системі ґрунт — рослина для відновлення ґрунтів, забруднених металами, радіонуклідами, пестицидами та іншими хімічними сполуками. Але ґрунти, забруднені широким спектром пестицидів доволі часто бувають токсичними для відомих рослин-реємедіаторів. Фітотоксичність ґрунту унеможливує впровадження фітореємедіаційних технологій. Культурні рослини, такі як *Cucurbita pepo*, що здатні накопичувати з ґрунту стійкі органічні забруднювачі (СОЗ), гинуть через 30–35 днів вегетації [2]. Тому існує нагальна необхідність пошуку толерантних до фітотоксичної дії ґрунту видів рослин у структурі стійких рослинних угруповань, утворених у процесі природного заселення рослинами забруднених ксенобіотиками територій і дослідження їхньої фітореємедіаційної спроможності.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Визначення ступеня забруднення органічними полотантами ґрунту та вегетатив-

них органів рослин і дослідження кінетики деструкції ДДТ у фітомасі дикорослих видів рослин в умовах анаеробного розкладання проводили фізико-хімічними методами за М.А. Клісенко [3]. Облік кількісно-видового складу рослинного угруповання здійснювали за допомогою облікової рамки згідно із загально прийнятими геоботанічними методами [4]. Статистичну обробку результатів проводили за допомогою пакета прикладних програм Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для екотоксикологічного обстеження ґрунтового покриву едафотопу в районі недіючого складу мінеральних добрив та пестицидів (х. Петрівське Бориспільського р-ну, Київської обл.) відібрано ґрунтові зразки з території радіусом 50 м навколо складу та проведено хроматографічні визначення вмісту стійких пестицидів. Лабораторні дослідження ґрунтових зразків, відібраних на різних відстанях від складського приміщення, показали наявність залишкових кількостей стійких хлороганічних пестицидів у 100 % проб з орного та підорного шарів ґрунту (0–20 та 20–40 см). Територія характеризується рівнями забруднення ґрунту 4,4'- ДДТ його метаболітів, що перевищують ГДК до 64 разів (ГДК_{ДДТ} — 100 мг/кг), а також наявністю залишкових кількостей стійких гербіцидів класу сим-триазинів — 392 мг/кг ґрунту, що свідчить про значний рівень забруднення ґрунту як ДДТ, так і гербіцидами, фітотоксичними для багатьох видів рослин.

З метою відбору у структурі місцевого рослинного угруповання толерантних до полікомпонентного забруднення ґрунту видів рослин, враховуючи можливості зміни умов навколишнього середовища та складності повної формалізації сукупності біологічних, хімічних та фізичних процесів, було використано апарат нечітких нейронних мереж (ННМ). Створена на базі навчальної вибірки модель дала змогу визначити критерії толерантності для різних видів фітоценозу. Значення отриманих із використанням ANFIS-моделі критеріїв толерантності для видів, які експериментальним шляхом визначені як стійкі до пестицидного забруднення ґрунту, фактично дорівнюють 1.

Зокрема для таких видів рослин: пирію повзучого (*Elytrigia repens*); полину гіркого (*Artemisia absinthium*); деревію звичайного (*Achillea millefolium*); полину звичайного (*Artemisia vulgaris*); кульбаби лікарської (*Taraxacum officinale*); злишки канадської (*Erigeron canadensis*); куничнику надземного (*Calamagrostis epigeios*) критерій толерантності змінюється від 0,996 до 1,012 умовних одиниць [5].

З метою виявлення у структурі фітоценозу, сформованого в умовах високого пестицидного навантаження ґрунту, толерантних до полікомпонентного забруднення ґрунтового покриву дикорослих видів рослин з високою здатністю до фітоекстракції та фітодеградації ДДТ проведено визначення залишкових кількостей ДДТ та його метаболітів у тканинах рослин та ризосферному ґрунті. Вміст ДДТ та його метаболітів визначали окремо у надземних і підземних органах рослин кожного виду (рис. 1).

З рис. 1 видно, що рослини тонконогу лучного, кульбаби лікарської, полину звичайного, пирію повзучого, куничнику наземного та полину гіркого здатні активно накопичувати ДДТ у своїх тканинах при сумарному вмісті ДДТ у ґрунті понад 1000 мкг/кг (10 ГДК). Акумуляція токсикантів відбувається переважно у кореневій системі наведених видів, при чому максимальні концентрації ДДТ виявлено у тканинах коренів *Artemisia vulgaris* –

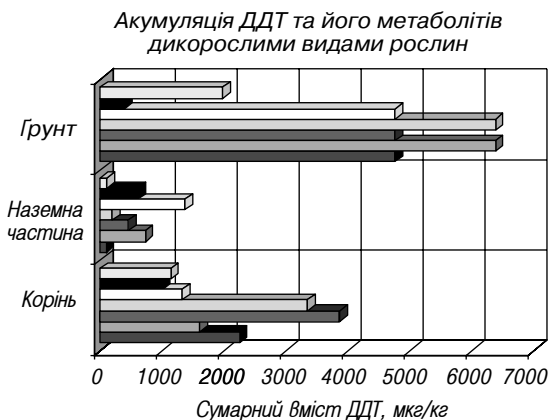


Рис. 1. Акумуляція ДДТ та його метаболітів у кореневій системі та надземних органах рослин різних видів: □ — Куничник наземний; ■ — Деревій звичайний; □ — Полін гіркий; ■ — Пирій повзучий; ■ — Полін звичайний; ■ — Кульбаба лікарська; ■ — Тонконіг лучний

3872,4±109,9; *Elytrigia repens* – 3353,4±113,9; та *Poa pratensis* – 2252,8±113,0 мкг/кг.

Розраховано коефіцієнти біоконцентрації (K_6) ДДТ у рослинах *Taraxacum officinale*. Так при вмісті ДДТ у ґрунті 6377,0; 388,5; 158,0 мкг/кг – вміст його у рослинах становить 1167,7 ($K_6 = 0,18$); 245,6 ($K_6 = 0,63$); 180,2 ($K_6 = 1,14$) мкг/кг відповідно. Результати свідчать, що здатність рослин накопичувати токсиканти у тканинах залежить не лише від виду рослин, але й від вихідного рівня забруднення ґрунту цими сполуками. Коефіцієнти біоконцентрації залежать від вмісту ДДТ у ґрунті і не можуть слугувати критерієм фітоекстракційної здатності рослин.

Одним із основних показників здатності рослин до ремедіації забруднених ґрунтів є коефіцієнт транслокації, який характеризує інтенсивність процесу переходу токсикантів з підземної у надземну частину рослин. Це безрозмірна величина, що визначається як співвідношення вмісту пестицидів у надземних органах рослин до їх вмісту у кореневій системі. Вважається, що при значеннях цього коефіцієнта ≥ 1 , рослини мають високу здатність до переміщення полютантів із кореневої у надземну частину. Дж. Ввайт (США) визначив

коефіцієнти транслокації щодо ДДЕ для низки рослин і виявив види, здатні до активної транслокації поллютантів з кореневої до надземної частини [6].

Виявлено, що мінімальні значення коефіцієнта транслокації серед досліджуваних видів мають: *Poa pratensis* (0,04) та *Elytrigia repens* (0,06), а максимальні — *Artemisia absinthium* (1,03); *Achillea millefolium* (0,60) та *Taraxacum officinale* (0,45). Отже досліджені види дикорослих рослин накопичують ДДТ та його метаболіти переважно у кореневій зоні, тому вони є перспективними для використання у технологіях фітостабілізації забруднювачів, з метою припинення поширення останніх у суміжні середовища.

На прикладі *Taraxacum officinale* досліджено зміну значень коефіцієнтів транслокації залежно від ступеня забруднення ґрунту. При зміні концентрації ДДТ у ґрунті від 1,6 до 63,8 ГДК, коефіцієнт транслокації змінюється незначно і становить $0,44 \pm 0,13$. Отже, коефіцієнт транслокації залежить від виду рослини і не залежить від концентрації ДДТ у ґрунті, тобто може слугувати критерієм вибору рослин для застосування у фітотехнологіях.

При впровадженні фіторе mediaційних технологій з використанням рослин, що мають високий коефіцієнт транслокації, постає питання утилізації забрудненої біомаси рослин. За результатами лабораторного дослідження з розкладання забрудненої ДДТ рослинної маси *Taraxacum officinale*, встановлено, що константа швидкості розпаду ДДТ у забрудненій рослинній масі в анаеробних умовах, при температурі $24 \pm 2^\circ\text{C}$ становить 0,046 частин за добу, а період напіврозпаду становить 15,1 доби.

ВИСНОВКИ

Отже, як критерії агроекологічної оцінки фіторе mediaційного потенціалу дикорослих рослин до ДДТ в умовах полікомпонентного забруднення ґрунтів пестицидами, можна застосовувати такі показники: вміст токсиканта у надземних та підземних органах рослин; критерій толерантності, що змінюється від 0 до 1 і свідчить про здатність рослин до адаптації в умовах забруднення ґрунту фітотоксичними речовинами; коефіцієнт транслокації забруднювачів з кореневої у надземну частину рослини, який характеризує розподіл між надземними органами та кореневою системою рослини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Phytoremediation of soil contaminated with organic pollutants / S.D. Cunningham, T.A. Anderson, A.P. Schwab, F.C. Hsu // Adv. Agron. — 1996. — Vol. 55. — P. 55–114.
2. Методичні рекомендації з фітотестування забруднених стійкими пестицидами ґрунтів / О.І. Фурдичко, М.М. Мовчан, Л.І. Моклячук та ін.; за ред. О.І. Фурдичка. — К.: ЦНТІ, 2008. — 24 с.
3. Клисєнко М.А. Методи аналізу мікроколичеств пестицидів в продуктах питания, кормах и внешней среде / М.А. Клисенко. — М.: Колос, 1983. — С. 5–10, 215–223.
4. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / З.М. Грицаєнко, А.О. Грицаєнко, Карпенко В.П. — К.: ЗАТ НІГЧ ЛАВА, 2003. — С. 57–61, 231–235.
5. Використання апарату нечітких нейронних мереж для виявлення толерантних до пестицидного навантаження видів дикорослих рослин / В.А. Петришина, Л.І. Моклячук, В.П. Лисенко, В.М. Штепа // Аграрна наука і освіта. — 2008. — № 1–2. — Т. 9. — С. 87–93.
6. Influence of nutrient amendment on the phytoextraction of weathered 2,2-bis(p-chloropheny 10–1,1-dichloroethylene by cucurbits / J.C. White, Z.D. Parrish, M. Isleyan et. al. // Environ. Toxicol. Chem. — 2005. — № 24. — P. 987–994.