

УДК 504.054+581.2

Ю. В. Лихолат

Дніпропетровський національний університет

КРИТЕРІЇ РЕАГУВАННЯ ГАЗОННИХ ТРАВ НА ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Встановлені ростові та фізіолого-біохімічні критерії реагування газонних трав на дію важких металів. Показано зв'язок між рівнем накопичення важких металів, особливостями зміни морфологічних показників і активністю ферментів антиоксидантного захисту рослин. Виявлені видові особливості стійкості газонних трав до дії окремих поллютантів (важких металів) у подальшому будуть використані при озелененні промислових майданчиків.

Growth, physiological and biochemical criteria of reaction of the lawn grass on heavy metals influence are ascertained. Connection between levels of the heavy metals accumulation and changes of morphological parameters and activity of antioxidative protection enzymes of the plants is shown. Revealed specific features of lawn grasses stability to separate pollutants (heavy metals) action will be used for gardening industrial sites.

Вступ

Вплив антропогенних факторів на рослинність в умовах екологічної нерівноваги спонукає до проведення досліджень особливостей тератогенезу рослин як одного з елементів процесу трансформації рослинного організму під впливом токсичних речовин і показника екологічного стану довкілля. Виявлення особливостей тератогенезу рослин у лабораторних умовах і перспективи використання даного явища в подальшому для фітоіндикації антропогенно трансформованого середовища на південному сході України дозволяють поглибити уявлення щодо фітоіндикаційних досліджень і оцінювання стану екотопів [3–5; 7].

У зв'язку з цим використанню на техногенних територіях газонних рослин передують досить складна робота з інтродукції та акліматизації природних трав і, в першу чергу, злакових. Підбір видів для цієї мети – складна робота, яка включає дослідження рослинного організму в лабораторних умовах.

Враховуючи, що в доступній літературі основна кількість посилань [2; 3] стосується використання деревних видів рослин як тест-об'єктів при проведенні моніторингу забруднення довкілля, мета нашої роботи передбачає проведення досліджень морфологічних і фізіолого-біохімічних особливостей основних газонних

трав для з'ясування механізмів адаптації видів за дії важких металів у строго контрольованих лабораторних умовах.

Матеріал і методи досліджень

Об'єкти наших досліджень – основні газонні злаки степового Придніпров'я: костриця червона *Festuca rubra* L. та пажитниця багаторічна *Lolium perenne* L., що зростали в строго контрольованих умовах лабораторного дослідження на розчині Кнопа, розбавленому дистильованою водою у відношенні 1 : 4, який містив різні концентрації (0,2 та 1,5 мМ) Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Mn^{+} та Ni^{2+} .

Критерій реакції газонних злаків на вплив поллютантів – зміни біоморфологічних показників, вивчених за методикою Л. П. Мицика [9]. Активність супероксиддисмутази визначали за ступенем інгібування процесу відновлення нітротетразолію синього в системі феназинметасульфат – NADH – нітротетразолій синій [12], вміст ТБК – активних продуктів – за загальноприйнятою методикою [6]. Зібрані зразки рослин промивали дистильованою водою, промокали фільтрувальним папером і визначали вміст металів атомно-абсорбційним методом [11]. Отримані результати оброблені статистично з рівнем безпомилкових прогнозів 95–99 % [1; 10].

Результати та їх обговорення

При визначенні стійкості рослин, які ростуть у зоні забруднення довкілля важкими металами, велике значення має рівень накопичення конкретних елементів, але в умовах промислових майданчиків (за комплексної дії поллютантів) це досить складне завдання. Тому доцільніше проводити дослідження в умовах модельного дослідження [8].

При порівнянні вмісту металів у надземній частині досліджуваних трав виявлено деяку різницю в розподілі елементів. Незважаючи на те, що обидва досліджувані види вирощувались на ідентичному розчині, накопичувальна здатність рослин була індивідуальною. Так, у 9-денних проростків високий вміст свинцю (до 57,5 раза відносно контролю) був установлений для костриці червоної, у пажитниці багаторічної цей показник дещо менший (16,3 раза). У той час як вміст нікелю був вищим відносно контрольних показників у пажитниці (у 4,2 раза), у костриці – меншим (у 1,7 раза). Але відмічений у надземній частині як костриці червоної, так і пажитниці багаторічної вміст заліза був майже однаковим (у 2 рази перевищував контрольні показники).

При дослідженні накопичувальної здатності рослинами марганцю відмічені подібні особливості щодо заліза. Існує думка [2; 3], що поглинання марганцю здійснюється за рахунок метаболічних процесів тим же шляхом, що й інших двохвалентних іонів. Але за високих рівнів концентрації в розчині, очевидно, не виключена й пасивна абсорбція елемента.

Дослідження вмісту міді у травах дозволило виявити залежність у накопиченні іонів від видових особливостей рослин. Більша накопичувальна здатність притаманна пажитниці багаторічній. Накопичення нікелю, цинку та кадмію в рослинах також мало свої особливості.

Наведені результати дослідження свідчать про вибірково накопичувальну здатність рослин, що зростають в умовах дослідження, і це, цілком припустимо, пояснюється особливостями їх ростових показників за дії різних солей важких металів.

Підтвердженням цього служать дослідження, проведенні відносно морфологічних показників газонних трав, що зростали під дією важких металів. Встановлено зниження висоти вегетативних пагонів у рослин, що зростали на розчині важких

металів, відносно рослин контрольного варіанта. Так, у пажитниці багаторічної цей показник зменшувався (до контролю) на 28 %. Для костриці червоної зміна даного показника відносно рослин контрольних зразків становила 21 %. Довжина кореневої системи рослин за дії солей важких металів зменшувалась як у пажитниці багаторічної, так і в костриці червоної. У результаті аналізу середньої довжини листків також відмічена індивідуальна відповідь рослин на умови забруднення.

Таким чином, при порівнянні зміни морфологічних показників костриці червоної та пажитниці багаторічної під дією солей важких металів встановлено пригнічувальну дію токсикантів на обидва види, але в різній мірі. Підтвердженням останнього служать розраховані коефіцієнти кореляції між вмістом важких металів і ростовими показниками (табл. 1).

Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції між вмістом важких металів і ростовими показниками дерентвірних трав в умовах дії важких металів

Метал	Костриця червона		Пажитниця багаторічна	
	довжина кореневої системи	висота рослин	довжина кореневої системи	висота рослин
Контроль				
<i>Fe</i>	0,25	0,00	0,25	0,75
<i>Mn</i>	0,75	0,25	1,00	1,00
<i>Pb</i>	0,00	-1,00	0,25	-1,00
<i>Zn</i>	1,00	0,25	0,25	0,25
<i>Cu</i>	0,75	0,25	1,00	0,25
<i>Cd</i>	0,25	0,25	0,75	0,75
<i>Ni</i>	0,75	0,25	0,25	0,25
Дослід				
<i>Fe</i>	0,23	-0,94	0,43	-0,88
<i>Mn</i>	0,37	0,14	0,77	0,14
<i>Pb</i>	-0,43	-0,66	-0,99	-0,31
<i>Zn</i>	-0,31	0,6	0,99	0,32
<i>Cu</i>	0,31	-0,54	-0,77	0,09
<i>Cd</i>	-0,08	0,54	-0,77	0,14
<i>Ni</i>	0,03	-0,43	1,00	0,09

У результаті проведених розрахунків коефіцієнтів кореляції між вмістом металів і ростовими показниками в умовах контролю встановлено, що для костриці червоної високі позитивні коефіцієнти характерні за дії іонів цинку для довжини кореня.

Мінімальні від'ємні коефіцієнти кореляції відмічені в контролі для висоти рослин (-1,00) за дії свинцю в обох видів. У дослідному варіанті високі позитивні коефіцієнти характерні для костриці червоної між вмістом цинку та довжиною кореня, від'ємні – між вмістом цинку та висотою рослин. Для пажитниці багаторічної позитивний вплив на висоту рослин здійснюють іони цинку, від'ємні – іони свинцю.

Відмічене нами достовірне зменшення морфологічних показників для досліджуваних видів є адаптивною реакцією організму рослин на дію промислових забруднювачів. Згідно з літературними даними [3], інгредієнти техногенного забруднення навколишнього середовища відносяться до «нересурсних факторів», дія яких на рослини може суттєво знижувати використання рослин, включаючи газонні трави, для озеле-

нення території промислових підприємств. За дії промислових забруднювачів проявляються неспецифічні реакції, одна з яких – посилення вільнорадикальних процесів.

У лабораторних умовах досліджені особливості їх зміни в листках газонних трав за впливу визначених важких металів, детермінованих за рівнем ТБК-активних продуктів. У результаті проведеного дослідження встановлено, що збільшення концентрації токсиканта призводить до інтенсифікації вільнорадикальних процесів. Ступінь посилення процесу залежить від виду токсиканта. Так, у листі костриці червоної максимальне накопичення ТБК-активних продуктів знайдене за впливу цинку, свинцю та кадмію.

Свинець і кадмій – визнані токсиканти, що характеризуються прооксидантними властивостями, зокрема, пригнічують активність ензимів дихального ланцюга. Цинк – один з есенціальних елементів, що входить до складу активних центрів багатьох антиоксидантних ферментів, але у великих концентраціях здатний проявляти прооксидантні якості. Зміни рівня ТБК-активних продуктів у листі пажитниці багаторічної аналогічні до змін, характерних для костриці червоної, але вони виражені в меншій мірі.

Маніфестації вільнорадикальних процесів протистоїть система антиоксидантного захисту, одна з ланок якої – супероксиддисмутаза (СОД). Максимальна активація СОД спостерігалась у костриці червоної за впливу міді, що пояснюється присутністю іонів міді в активному центрі ензима. Висока активність СОД за дії міді значно гальмує накопичення ТБК-активних продуктів у листі костриці червоної, рівень яких за впливу цього елемента найнижчий. Найвищими інгібуючими властивостями характеризуються іони нікелю, марганцю, заліза, що пригнічують активність ензиму майже у два рази.

Іони свинцю та кадмію також призводили до менш вираженого зниження активності СОД. Цинк, вірогідно, не впливав на активність ензиму.

Активність СОД у листі пажитниці багаторічної суттєво зростала за дії міді, свинцю, кадмію та заліза, що, припустимо, свідчить про розвиток компенсаторних реакцій, які обмежують рівень вільнорадикальних процесів. Марганець і нікель інгібують СОД, можливо, внаслідок індивідуальної видової чутливості до цих важких металів.

Підтвердження індивідуальної чутливості досліджуваних трав'янистих рослин – коефіцієнти кореляції між активністю ферментів і вмістом важких елементів у рослинних організмах. Найвищі їх значення представлені в табл. 2; 3.

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції між вмістом важких металів, ТБК-активних продуктів і активністю СОД у костриці червоної

Показники	ТБК-активних продуктів		Активність СОД	
	коефіцієнт кореляції	довірча ймовірність	коефіцієнт кореляції	довірча ймовірність
<i>Pb / Cu</i>	0,99	99,9		
<i>Zn / Mn</i>	-0,99	99,9	-0,998	95
<i>Fe / Pb</i>			-0,997	95
<i>Mn / Fe</i>			-1,00	99,9

Таблиця 3

Коефіцієнти кореляції між вмістом важких металів, ТБК-активних продуктів і активністю СОД у пажитниці багаторічної

Показники	ТБК-активних продуктів		Активність СОД	
	коефіцієнт кореляції	довірча ймовірність	коефіцієнт кореляції	довірча ймовірність
<i>Cu / Mn</i>	1,00	99,9		
<i>Zn / Fe</i>			-0,998	95
<i>Cu / Ni</i>			0,997	95
<i>Ni / Mn</i>			0,999	95

Зокрема, відмічена висока чутливість у костриці червоної між вмістом ТБК та *Pb* і *Cu*, а у пажитниці багаторічної – з *Cu* та *Mn*. На активність СОД у пажитниці багаторічної впливали *Mn* і *Fe*, а у костриці червоної – *Zn* і *Mn*.

Висновок

Встановлений зв'язок між рівнем важких металів, особливостями зміни морфологічних показників і активністю ферментів антиоксидантного захисту рослин. Відмічені видові особливості стійкості газонних трав до дії окремих поллютантів (важких металів) у подальшому будуть використані при проведенні озеленення промислових майданчиків.

Бібліографічні посилання

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
2. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. – К.: Наукова думка, 1978. – 246 с.
3. Коршиков И. И. Популяционно-генетические проблемы дендротехногенной интродукции / И. И. Коршиков, Н. С. Терлыга, С. А. Бычков. – Донецк: Лебедь, 2002. – 328 с.
4. Лихолат Ю. В. Еколого-фізіологічні особливості багаторічних дерноутворюючих злаків техногенних територій. – Д.: Вид-во ДДУ, 1999. – 188 с.
5. Лихолат Ю. В. Використання дерноутворюючих трав для діагностики рівня забруднення навколишнього середовища важкими металами / Ю. В. Лихолат, І. П. Григорюк // Доповіді НАНУ. – 2005. – № 8. – С. 196–200.
6. Мецлер Д. Биохимия. – М.: Мир, 1980. – Т. 3. – 488 с.
7. Мицик Л. П. Дерновий покрив техногенних територій / Л. П. Мицик, Ю. В. Лихолат. – Д.: ДДУ, 1997. – 92 с.
8. Мороз П. А. Теоретичні основи екологічної оптимізації агрофітоценозів // Проблеми експериментальної ботаніки та екології рослин. – К.: Наукова думка, 1997. – Вип. 1. – С. 262–267.
9. Мыцык Л. П. Методика изучения роста листьев многолетних злаков в полевых условиях // Сборник научных трудов Гос. Никитского бот. сада. – 1985. – Т. 97. – С. 98–106.
10. Плохинский Н. А. Биометрия. – М.: МГУ, 1970. – 367 с.
11. Хавердов И. Атомно-абсорбционный анализ / И. Хавердов, Д. Цалев. – Л., 1983. – 144 с.
12. Fried R. Enzymatic and non-enzymatic assay of superoxidedismutase // Biochem. – 1975. – Vol. 57, N 3. – P. 657–660.

Надійшла до редколегії 15.12.05.