

УДК 504.53:504.054

Р. А. Валерко

*Житомирський національний агроекологічний університет***ОСОБЛИВОСТІ БІОТЕСТУВАННЯ АНТРОПОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ
ГРУНТІВ З МЕТОЮ ЇХ ЕКОТОКСИЧНОЇ ОЦІНКИ**

Наведено особливості застосування методу біотестування для ґрунту, забрудненого різними сполуками кадмію за допомогою тест-об'єкту родини *Brassicaceae*. Рекомендовано використовувати капусту білоголову як індикатор ацетатного забруднення кадмієм за рівнем умісту елемента, що перевищують 15 ГДК.
Ключові слова: біотестування, тест-об'єкт, фітотоксичність.

Вступ. Збільшення антропогенного навантаження на довкілля призводить до накопичення забруднюючих речовин в усіх природних компонентах. Особлива проблема виникає у разі забруднення ґрунтів. Ґрунти як унікальне екологічне середовище і акумулююча система, здатні нагромаджувати важкі метали і хімічні засоби захисту рослин і є основним джерелом забруднення суміжних середовищ, а також вищих рослин. Для оцінки ґрунтового середовища державні служби моніторингу і контролю якості ґрунту використовують різні методи, які можна умовно поділити на хімічні і біологічні.

Хімічні методи дозволяють якісно оцінити інтенсивність антропогенної дії конкретної забруднюючої речовини на ґрунтовий або водний об'єкт. Проте найбільш перспективним дослідженням фітотоксичності ґрунту, забрудненого залишками пестицидів і важкими металами, є біотестування. Біотестування – це процедура встановлення токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів, що сигналізують про небезпеку незалежно від того, які речовини і в якому поєднанні викликають зміни життєво важливих функцій у тест-об'єкті. Завдяки простоті, оперативності й доступності біотестування отримало широке визнання в усьому світі і його все частіше використовують поряд з методами аналітичної хімії. Біологічні тест-системи показують загальний індекс токсичності зразка і дозволяють у короткі терміни відповісти на запитання: присутні чи ні в середовищі токсичні агенти в небезпечній для живого організму концентрації [3, 5]. Метою наших досліджень стало проведення аналізу проблеми підбору тест-організмів для біотестування штучно забруднених ґрунтів. Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити такі завдання:

- ознайомитися з методиками біотестування, що використовують в Україні;
- провести біотест на ґрунті, забрудненому сполуками кадмію та оцінити фітотоксичний ефект.

Об'єкти, методи та умови досліджень. Фітотест виявляє здатність насінин адекватно реагувати на екзогенний хімічний вплив шляхом зміни інтенсивності проростання коренів, що дозволяє довжину останніх прийняти за показник тест-функції. Критерієм шкідливого впливу вважається пригнічування росту коренів насіння [9].

Дослідження виконували за відомою методикою [10, 11]. Для досліджень були обрані представники родини капустяних, а саме: капуста білоголова сорту

«Харківська зимова», гірчиця листовата та редиска сорту «Французький сніданок». Досліджувані рослини вирощували на двох середовищах: дерново-підзолистому глеюватому супіщаному ґрунті, не забрудненому сполуками кадмію (контроль), та на цьому ж ґрунті зі змодельованими різними рівнями його забруднення. Кадмій вносили у ґрунт у вигляді ацетатів і сульфатів, моделюючи рівні забруднення 1, 5, 10 та 15 ГДК. Насіння пророщували протягом десяти днів при температурі 20 °С, після чого рослини видаляли з ґрунту і заміряли довжину коренів.

Величину ефекту гальмування визначали за формулою:

$$E_T = \frac{L_K - L_{OP}}{L_K} \times 100\%$$

де E_T – ефект гальмування, %; L_{OP} – середня довжина коренів у досліді, мм; L_K – середня довжина коренів на контролі, мм.

Фітотоксична дія вважається доведеною, якщо фітоефект складає 20 % і більше [9].

Результати досліджень та їх обговорення. Суть методу біотестування полягає у визначенні дії комплексу чинників навколишнього середовища (природні та антропогенні фактори) на спеціально вибрані організми за стандартних умов з реєстрацією різних поведінкових, фізіологічних або біохімічних показників [2].

Методи біотестування, які використовуються для оцінки стану довкілля, повинні відповідати вимогам сучасного біомоніторингу: вони повинні бути придатними до застосування оцінки будь-яких змін у середовищі мешкання живих організмів; характеризувати найбільш загальні і важливі параметри життєдіяльності біоти; бути досить чутливими до виявлення навіть невеликих змін; бути адекватними до будь-якого вигляду живих істот і до будь-якого типу впливу; бути зручними не лише для лабораторного моделювання, а також для досліджень у природі; бути відносно простими і не дуже затратними для широкого використання [2].

Тест-організми повинні мати вузький діапазон чутливості до дії чинників і відповідати таким параметрам: висока чутливість до дії чинників; реакції у відповідь тест-організму мають бути відомими і близькими до реакції організмів у лабораторних умовах; тест-організми в умовах одного дослідження мають бути візуально однаковими [5].

Використання рослин для біотестування ґрунтів вимагає врахування екологічних особливостей ґрунтів як об'єкта біологічного контролю навколишнього середовища. Важливим тут є надходження до ґрунту різних сполук, зокрема токсичних. Хімічне забруднення ґрунту визначають як зміну його природного хімічного складу внаслідок проникнення в нього нехарактерних для нього речовин або збільшення концентрацій природних речовин до величин, що перевищують норму [1, 2].

Ґрунтам завдають шкоди два основних джерела хімічних забруднень: викиди підприємств промисловості, енергетики і автотранспорту та хімічні засоби захисту рослин і добрива, що використовуються в сільському господарстві.

Біотестування ґрунтів, забруднених важкими металами і залишками

пестицидів, проводяться в Україні за ДСТУ ISO 11269-2-2002 «Вплив хімічних речовин на проростання і ріст вищих рослин» та за ДСТУ ISO 11269-1:2004 «Метод визначення гальмівної дії на ріст коренів». Для оцінки забруднення середовища використовують стандартизовані реакції живих організмів (рослин, тварин, мікроорганізмів). З цією метою проводять фіксацію відхилення від норми параметрів анатомо-морфологічних, фізіологічних, генетичних і інших функцій тест-організмів, які певний час перебували в умовах забруднення. Після проростання протягом певного періоду тест-організм виймають із забрудненого середовища і проводять відповідний аналіз реакції-відгуку показників. Традиційно для оцінки фітотоксичності ґрунту використовується тест на проростках пшениці, гірчиці, редису і цибулі звичайної.

У результаті власних досліджень встановлено, що різні сполуки кадмію відрізняються за фітотоксичним впливом на представників родини хрестоцвітів (табл. 1). Більш токсичними виявились ацетати кадмію, вочевидь, через кращу їх розчинність порівняно з сульфатами.

Для рослин капусти білоголової концентрації ацетату кадмію, еквівалентні 5 та 10 ГДК, спричиняли фітоефект на рівні відповідно 56-67 %. За концентрації $\text{Cd}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ на рівні 15 ГДК спостерігалась повна загибель рослин *Brassica oleracea*, тобто значення фітотоксичного ефекту дорівнювало 100 %. У результаті забруднення ж ґрунту сульфатом кадмію фітоефект проявлявся лише на варіантах з рівнями забруднення 10 та 15 ГДК і варіював у межах 43-52 %.

Гірчиця листовата також виявилася чутливою до забруднення ґрунту сполуками ацетатів кадмію: ефект гальмування наставав вже у результаті забруднення в 1 ГДК і зростав пропорційно збільшенню концентрації забруднювача до 70,3 %. Проте, внесення у ґрунт сульфатів кадмію у дозах, еквівалентних 1-10 ГДК, стимулювало розвиток рослин *Sinapis lapa*.

Ефект гальмування для *Raphanus sativus* у разі забруднення ґрунту ацетатом кадмію спостерігався на рівні 5-15 ГДК, що свідчить про значний токсичний вплив цієї сполуки на ріст коренів цієї культури. Однак нами не встановлено суттєвого пригнічення кореневого росту редиски у разі забруднення ґрунту сполуками сульфату кадмію, оскільки за всіх рівнів забруднення фітотоксичний ефект коливався в межах норми.

Ураховуючи різну чутливість представників родини хрестоцвітів до забруднення ґрунту кадмієм, можна рекомендувати використовувати капусту білоголову як індикатор кадмієвого забруднення за рівнем умісту елемента, що перевищує 15 ГДК.

Висновки. Методи біотестування ґрунтуються на вивченні особливостей зворотної реакції тест-організмів на дію комплексу негативних факторів і дозволяють визначити рівень екологічної безпеки. Біотестування як метод біологічного контролю дозволяє встановити ступінь токсичності середовища і має відповідати вимогам сучасного біомоніторингу. Метод біотестування ґрунту, забрудненого різними сполуками кадмію, за допомогою тест-об'єкту родини Brassicaceae може успішно використовуватися для біоіндикації ґрунтового покриву.

**1. Характеристика впливу різних сполук кадмію на ріст коренів рослин родини
Brassicaceae**

<i>Культура</i>	<i>Варіант досліджу</i>	<i>Середня довжина коріння (L_{ср}), мм</i>	<i>Середня довжина коріння (L_{ср}), % до контр.</i>	<i>Фітоефект, %</i>	<i>Тест-реакція</i>
Капуста білоголова	<i>Ацетат кадмію</i>				
	Контроль	18,0	100	0	Норма
	1 ГДК	17,8	98,9	1,0	Норма
	5 ГДК	7,8	43,3	56,7	Ефект гальмування
	10 ГДК	5,8	32,2	67,8	
	15 ГДК	0	0	100	Загибель рослин
	<i>Сульфат кадмію</i>				
	Контроль	31,8	100	0	Норма
	1 ГДК	30,0	94,3	5,7	
	5 ГДК	28,2	88,7	11,3	
10 ГДК	18,0	56,6	43,4	Ефект гальмування	
15 ГДК	15,3	48,1	51,9		
Гірчиця листова	<i>Ацетат кадмію</i>				
	Контроль	32,3	100	0	Норма
	1 ГДК	24,4	75,5	24,5	Ефект гальмування
	5 ГДК	24,2	74,9	25,1	
	10 ГДК	17,9	55,4	44,6	
	15 ГДК	9,6	29,7	70,3	
	<i>Сульфат кадмію</i>				
	Контроль	41,25	100	0	Норма
	1 ГДК	49,8	120,7	-20,7	Ефект стимулювання
	5 ГДК	46,2	112,0	-12,0	
10 ГДК	42,8	103,8	-3,75		
15 ГДК	39,3	95,3	4,7	Норма	
Редиска	<i>Ацетат кадмію</i>				
	Контроль	13,4	100	0	Норма
	1 ГДК	12,0	89,6	10,4	
	5 ГДК	3,2	23,9	76,1	Ефект гальмування
	10 ГДК	2,7	20,1	79,9	
	15 ГДК	2,2	16,4	83,6	
	<i>Сульфат кадмію</i>				
	Контроль	60,0	100	0	норма
	1 ГДК	53,75	89,6	10,4	
	5 ГДК	47,5	79,2	20,8	
10 ГДК	48,3	80,5	19,5		
15 ГДК	56,0	93,3	6,7		

Бібліографічний список. 1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / под ред. О. П. Мелехова, Е. И. Сераульцева. - М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 288 с. 2. Бубнов А. Г. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды : уч.-метод. пособие / [А. Г. Бубнов, С. А. Буймова, А. А. Гушин и др.]; под общ. ред. В. И. Гриневича; Иван. гос. хим.- технол. ун-т. – Иваново, 2007. – 112 с. 3. Валерко Р. А. Использование биотестирования для оценки антропогенного

загрязнения почвенного покрова / Р. А. Валерко // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы VIII-й междунар. науч. конф., 14-18 марта 2011 г. – Брянск, 2011. – С. 74–78. **4.** Валерко Р. А. Фітотоксичність кадмію стосовно представників родини Brassicaceae / Р. А. Валерко, І. Ю. Лівашевська // Сучасність. Наука. Час. Взаємодія та взаємовплив : матеріали сьомої наук.-практ. інтернет-конф., 18–20 листопада 2010 р. – К., 2010. – Ч. 3. – С. 14–16. **5.** Губачов О. І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій / О. І. Губачов // Наук. Вісник КУЕІТУ. Нові технології. – 2010. – № 3 (29). – С. 164–171. **6.** Екологічна енциклопедія : (у 3-х т.) / [Редколегія: А.В. Толстоухов (головний редактор) та ін.]. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2007. **7.** Кучеренко Т. В. Використання біотесту *Allium sera* L. (цибуля звичайна) для оцінювання антропогенного забруднення навколишнього середовища / Т. В. Кучеренко, Є. О. Головатюк // Агроекологічний журнал. – 2008. – № 4. – С. 79–83. **8.** Маячкина Н. В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки / Н. В. Маячкина, М. В. Чугунов // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2009. – № 1. – С. 84–93. **9.** Почва. Очистка населенных мест. Бытовые и промышленные отходы. Санитарная охрана почвы. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности: МР 2.1.7.2297-07. – [Дата введения 2007-12-28]. – М., 2007. – 11 с. – (Методические рекомендации). **10.** Якість ґрунту. Визначання дії забрудників на флору ґрунту. Ч. 1. Метод визначення гальмівної дії на ріст коренів (ISO 11269-1:1993, IDT): ДСТУ ISO 11269-1:2004. – [Чинний від 2005-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 14 с. – (Національний стандарт України). **11.** Якість ґрунту. Визначання дії забрудників на флору ґрунту. Ч. 2. Вплив хімічних речовин на проростання та ріст вищих рослин (ISO 11269-2:1995, IDT): ДСТУ ISO 11269-2:2002. – [Чинний від 2004-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 14 с. – (Національний стандарт України).

Р. А. Валерко

**ОСОБЕННОСТИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ АНТРОПОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ
ПОЧВ С ЦЕЛЬЮ ИХ ЭКОТОКСИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ**

Приведены особенности применения метода биотестирования для почвы, загрязненной разными соединениями кадмия с помощью тест-объекта семейства Brassicaceae. Рекомендуется использовать капусту белокочанную в качестве индикатора ацетатного загрязнения кадмием при уровнях его содержания превышающих 15 ПДК.

Ключевые слова: биотестирование, тест-объект, фитотоксичность.

R. A. Valerko

**THE USE OF THE BIOTESTING METHOD FOR ANTHROPOLOGICALLY POLLUTED
SOILS TO THEIR ESTIMATES ECOTOXICOLOGICAL**

The paper present the specific features of applying the biotesting method to the soil polluted with various cadmium compounds through the test-object of the Brassicaceae family. The use of cabbage as the indicators of acetate cadmium pollution with the element content levels exceeding 15 MAC has been recommended.

Keywords: biotesting, test-object, phytotoxicity.