

ter, activity of the catalase, dehydrogenase and urease. Soil toxicity has been determined for urboecosystem and agrolandscape.

Keywords: biotesting, heavy metals, toxicity, soil.

Дата надходження до редакції: 16.04.2014 р.

Рецензент: Е.А. Захарченко

УДК 631.416.8:631.445.4

ФІТОТОКСИЧНІСТЬ Cu, Pb, Cd і Zn ДЛЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР - ПРЕДСТАВНИКІВ РОДИНИ BRASSICACEAE

Ю. А. Білявський, к.с.-г.н., доцент

Т. М. Мислива, к.с.-г.н., доцент

Житомирський національний агроекологічний університет

Оцінено вплив моно- та поліметалічного забруднення Cu, Pb, Cd і Zn у концентраціях, еквівалентних 1, 5, 10 і 15 ГДК кожного, на фітотоксичність дерново-підзолистого ґрунту для представників родини Brassicaceae. Встановлено, що сильна токсичність дерново-підзолистого ґрунту для представників цієї родини проявляється при концентрації забруднювачів на рівні 10–15 ГДК (за включенням дайкону, оскільки його пригнічення викликало поліелементне забруднення, еквівалентне 5 ГДК). Навіть низькі концентрації полютантів спричиняють зниження інтенсивності росту рослин за умови їх сумісного внесення. За толерантністю до поліелементного забруднення представники родини Brassicaceae розміщуються у наступний спадаючий ряд: капуста червоноголова > капуста броколі > дайкон. Ввідносно нетоксичним для представників досліджуваної ботанічної родини є Pb, Cd займає проміжне положення, а Cu і Zn найсильніше проявляють свої токсичні властивості.

Ключові слова: важкі метали, забруднення, ґрунт, фітотоксичність, овочеві культури.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Рослинний покрив є потужним біогеохімічним бар'єром, який концентрує забруднювальні речовини, що надходять у довілля, зокрема важкі метали. Вплив важких металів на систему «ґрунт – рослина» залежить від ряду чинників: виду і хімічних властивостей забруднювача, форм сполук важких металів у ґрунті і особливостей їх трансформації, гранулометричного складу і фізико-хімічних та агрохімічних властивостей ґрунту, біологічних та фізіологічних особливостей рослин, їх фенологічної фази розвитку, віку тощо. Для пошуку засобів захисту рослин від негативного впливу важких металів в умовах посилення техногенно-антропогенного впливу на довкілля та зменшення рівня їх накопичення у сільськогосподарській продукції необхідним стає вивчення механізмів надходження останніх до рослинного організму та їх фітотоксичної дії. Сстійкість рослин до токсичної дії важких металів індивідуальна, вона являється генетично закріпленою ознакою, що є надзвичайно важливим при виведенні нових сортів для отримання екологічно безпечних врожаїв на забруднених ґрунтах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Потрапляючи з ґрунту в рослинні організми у надмірних кількостях, важкі метали порушують у них обмін речовин, що негативно позначається на показниках росту і розвитку рослин, особливо на початкових етапах [4 - 6 та ін.]. Саме цю особливість використовують при біотестуванні забру-

дненого ґрунту для встановлення його фітотоксичності, під якою розуміють зниження тест-функцій, що знімаються з рослинного тест – об'єкта на досліджуваному ґрунті, в порівнянні з контролем [6]. Питання впливу різних мікроелементів на ріст і розвиток рослин вивчається дуже давно й досить широко [3, 4, 8, 12 та ін.]. Зокрема, оцінці впливу свинцю та кадмію на фітотоксичність ґрунту для ячменю ярого присвячені дослідження [9], впливу кадмію та свинцю на мітотичну активність клітин у кореневих меристемах злакових трав та фітотоксичність заліза і хрому для інтродукованих декоративних рослин – роботи [1, 2], оцінці фітотоксичної активності солей важких металів для цибулі городньої – дослідження [7]. Впливу моно- та поліелементного забруднення важкими металами на фітотоксичність дерново-підзолистого ґрунту для окремих представників ботанічних родин Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae, Apiaceae, Amaranthaceae присвячені дослідження [5, 10, 11]. Однак, мало робіт присвячено дослідженню впливу на фітотоксичність ґрунту кількох елементів одночасно, коли можна оцінити їх сумісну дію, а також недостатньо вивчене питання токсичності важких металів для овочевих культур, зокрема представників ботанічної родини Brassicaceae.

Формулювання цілей статті. Зважаючи на вище наведене, нами було поставлено за мету: оцінити вплив моно- та поліметалічного забруднення Cu, Pb, Cd і Zn у концентраціях, еквівалентних 1, 5, 10 і 15 ГДК кожного, на фітотоксичність дерново-підзолистого ґрунту для представників

родини *Brassicaceae*; визначити культури – представники родини *Brassicaceae*, найбільш придатні для біологічного моніторингу моно- та поліметалічного забруднення дерново-підзолистого ґрунту.

Вихідний матеріал, методика та умови дослідження. Дослідження по оцінці впливу моно- та поліелементного забруднення дерново-підзолистого ґрунту виконували у 2013 р. згідно методики, яка прописана в ДСТУ ISO 11269-1:2004 «Метод визначення гальмівної дії на ріст коренів» [13]. Визначали фітотоксичність дерново-підзолистого ґрунту для таких культур: дайкон, сорт Маясіге, капуста червоноголова, сорт Калібос, капуста броколі, сорт Континенталь. Ґрунт характеризувався такими агрохімічними показниками: вміст гумусу – 1,16 %, азоту, що легко гідролізується, – 76 мг/кг ґрунту; рухомого фосфору – 278 мг/кг, обмінного калію – 132 мг/кг ґрунту, рН_{сольове} – 5,3. Для оцінки достовірності відмінностей між варіантами досліду використовували критерій Данетта і визначали значущу різницю як

добуток відповідної величини критерію Данетта на стандартну похибку [14].

Виклад основного матеріалу. В ході проведення досліджень було встановлено, що стійкість рослин – представників родини *Brassicaceae* до забруднення важкими металами залежить як від характеру забруднення (моно- чи поліелементне), так і від природи полютанта та його концентрації (табл. 1). Монозабруднення ґрунту міддю, цинком та кадмієм у концентраціях, еквівалентних 15 ГДК, спричиняло сильнотоксичний вплив на всі досліджувані рослини. Найбільш чутливим до монозабруднення міддю виявився дайкон, сильна токсичність ґрунту для якого проявлялася у повній загибелі рослин за умови концентрації Cu на рівні 10 – 15 ГДК. Досить негативно на монозабруднення міддю реагували й рослини капусти броколі: пригнічення росту пагонів при забрудненні ґрунту на рівні 5 – 10 ГДК становило 9,8 – 86,7 %, а коренів – 14,5 – 93,4 %. При концентрації полютанта на рівні 15 ГДК рослини капусти броколі повністю гинули.

Таблиця 1

Токсичність дерново-підзолистого ґрунту по відношенню до представників родини *Brassicaceae*

Назва рослини	Назва елемента-забруднювача	Концентрація елемента-забруднювача			
		1ГДК	5ГДК	10ГДК	15ГДК
Дайкон, сорт Маясіге	Pb				
	Cd				
	Cu				
	Zn				
	Cu+Pb+ Zn+Cd				
Капуста червоноголова сорт Калібос	Pb				
	Cd				
	Cu				
	Zn				
	Cu+Pb+ Zn+Cd				
Капуста броколі, сорт Континенталь	Pb				
	Cd				
	Cu				
	Zn				
	Cu+Pb+ Zn+Cd				

*Примітка:

- нетоксичний ґрунт – показники росту і розвитку рослин перевищують показники на контролі, рівні їм або відхиляються від них у сторону зменшення не більше ніж на 10 %
- слаботоксичний ґрунт – показники росту і розвитку рослин відхиляються від контролю у сторону зниження на величину, рівну 10,1-50 %
- середньотоксичний ґрунт – показники росту і розвитку рослин відхиляються від контролю у сторону зниження на величину, рівну 50,1-75 %
- сильнотоксичний ґрунт – показники росту і розвитку рослин відхиляються від контролю у сторону зниження на величину, рівну 75,1-100 %

Причиною значного пригнічення росту як коренів, так і пагонів представників родини *Brassicaceae* за умови монозабруднення міддю, на наш погляд є те, що при надлишку Cu зменшується кількість кореневих волосків і знижується довжина коренів, що призводить до неадекватності рослин поглинати у необхідній кількості воду та елементи живлення з ґрунту, і як наслідок, відбувається зупинка їх розвитку. Оскільки серед досліджуваних представників родини *Brassicaceae* саме капуста броколі є найбільш вибагливою до умов зволоження та живлення, її рослини й най-

більш негативно реагували на надмірні кількості міді у ґрунті. Високотолерантною до монозабруднення міддю культурою виявилась капуста червоноголова, сильнотоксичний вплив на яку мав місце лише за максимальних концентрацій цього полютанта. Найбільш чутливим до монозабруднення ґрунту цинком також виявився дайкон, токсична дія полютанта на рослини якого фіксувалася вже при забрудненні ґрунту на рівні 5 ГДК, що спричиняло пригнічення росту пагонів на 68,4 %, а коренів – на 77,8 % порівняно з контролем. При концентрації забруднювача на рівні 10 – 15 ГДК

рослини дайкону повністю гинули. Досить негативно реагували на максимальні концентрації цинку й рослини капусти червоноголової та капусти броколі: ріст пагонів обох рослин знижувався на 77,3 – 79,5 %, а коренів – на 82,7 та 78,6 % відповідно. Варто зазначити той факт, що чутливість до нестачі чи надлишку цинку може відрізнятись не лише у різних культур, а й у окремих їх видів чи різновидів, що й має місце у нашому випадку та підтверджується дослідженнями [5, 10, 11]. Представники родини *Brassicaceae* виявилися мало чутливими до забруднення ґрунту свинцем, оскільки сильна токсичність цього елемента не проявлялася за жодних його концентрацій. Низькі й середні концентрації цього поліюванта чинили стимулюючу дію на початковий ріст і розвиток рослин капусти червоноголової та капусти броколі. Найбільш толерантною до монозабруднення свинцем культурою виявилася капуста броколі, для рослин якої навіть забруднення, еквівалентне 15 ГДК, не чинило токсичного впливу та не спричиняло пригнічення розвитку ні надземних пагонів, ні кореневої системи. Більше того, низькі

концентрації Pb, еквівалентні 1 ГДК, навіть чинили стимулюючий вплив на розвиток рослин дайкону та капусти броколі, довжина пагонів і коренів яких перевищувала показники на контролі. Це пов'язане з тим, що свинець хоча й не є біогенним елементом, проте здатен чинити стимулюючий вплив на ріст рослин [6], що підтверджують і дослідження [5, 11]. Серед рослин з родини *Brassicaceae* найчутливішою до монозабруднення ґрунту кадмієм виявилася капуста червоноголової, пригнічення росту коренів у якої при концентрації даного поліюванта на рівні 5 – 15 ГДК досягло 61,6 – 88,7 %, а пагонів – 43,5 – 81,2 % порівняно з контролем. Не менш чутливо на даний елемент-забруднювач реагували й рослини капусти броколі та дайкону: ріст їх коренів при цих же концентраціях гальмувався на 17,6 – 88,4 та 32,3 – 85,1 % відповідно.

Встановлено, що серед представників родини *Brassicaceae* токсикотолерантною до комплексного забруднення дерново-підзолистого ґрунту важкими металами є капуста червоноголової (рис. 1).

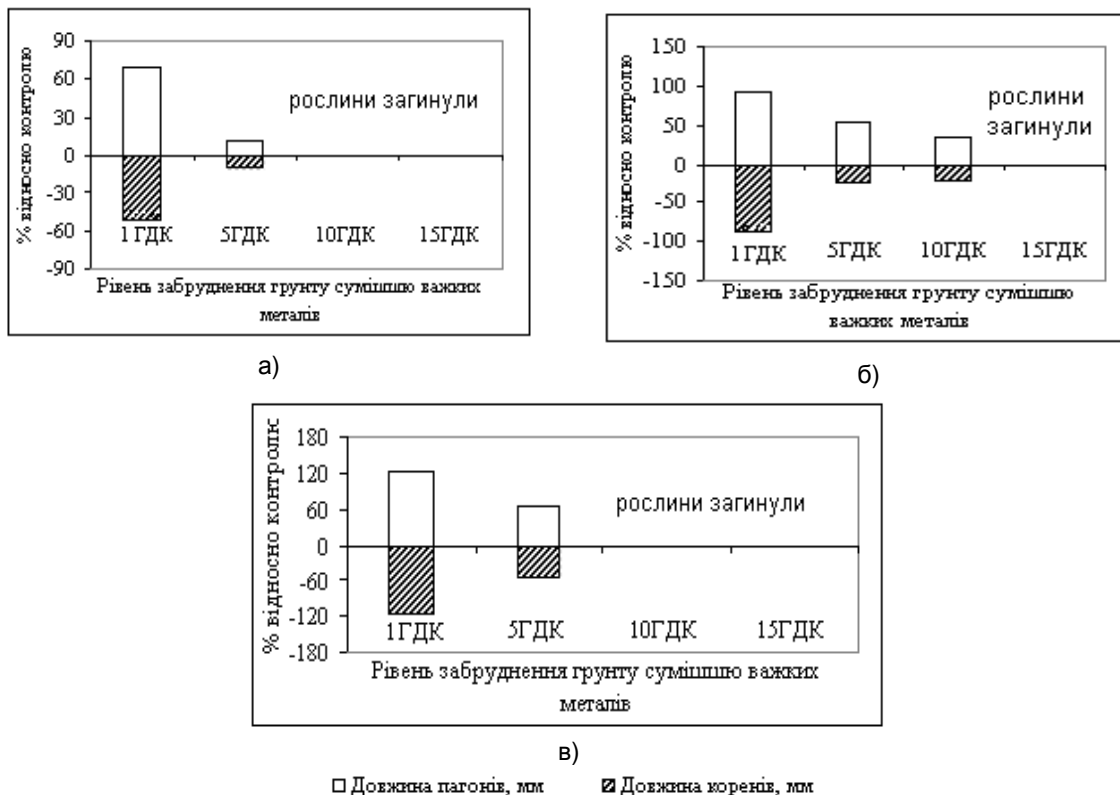


Рис. 1. Вплив поліметалічного забруднення ґрунту Pb, Cu, Cd та Zn на довжину пагонів та коренів представників родини *Brassicaceae*: а – дайкон, б – капуста червоноголової, в – капуста броколі

Сильна токсичність дерново-підзолистого ґрунту для представників цієї родини проявлялась при концентрації забруднювачів на рівні 10 – 15 ГДК (за виключенням дайкону, пригнічення якого викликало поліелементне забруднення,

еквівалентне 5 ГДК). Навіть низькі концентрації поліювантів за умови їх сумісного внесення спричиняли зниження інтенсивності росту рослин, що свідчить про підсилення їх негативної дії за умов комплексного впливу, що найчастіше й має місце

в екосистемах. За толерантністю до поліелементного забруднення представники родини *Brassicaceae* розміщуються у наступний спадючий ряд: капуста червоноголова > капуста броколі > дайкон.

Висновки. 1) важкі метали в дерново-підзолистому ґрунті в залежності від рівня їх вмісту як пригнічують, так і стимулюють проростання насіння і ріст коренів і зелених проростків рослин – представників родини *Brassicaceae*; 2) моно- та поліелементне забруднення важкими металами дерново-підзолистого ґрунту незалежно від концентрації поліютантів більш негативно позначається на кореневій системі овочевих культур; 3) відносно нетоксичним для представників досліджуваної ботанічної родини є Pb, Cd займає проміжне положення, а Cu і Zn найсильніше

проявляють свої токсичні властивості; 4) сильна токсичність ґрунту при поліелементному забрудненні проявляється вже при концентраціях, еквівалентних 5 ГДК, тоді як за моноелементного забруднення сильнотоксичний вплив на рослини спричиняють концентрації поліютантів, еквівалентні 10 – 15 ГДК; 5) за стійкістю до монозабруднення свинцем представники родини *Brassicaceae* розташовуються у такий спадючий ряд: капуста броколі > капуста червоноголова > дайкон, а за стійкістю до монозабруднення кадмієм: капуста червоноголова > капуста броколі > дайкон.

Подальші дослідження мають бути зосереджені в напрямку розширення переліку культур та хімічних елементів для встановлення фітотоксичності дерново-підзолистого ґрунту.

Список використаної літератури:

1. Бессонова В. П. Вплив кадмію, свинцю та засолення на мітотичну активність клітин у корневих меристемах костриці червоної / В. П. Бессонова, О. В. Самарська // Физиология и биохимия культур. растений. – 2005. – 37, № 6. – С. 530-535.
2. Бессонова В. П. Зміна поглинальної здатності коренів інтродукованих декоративних квіткових рослин в умовах забруднення ґрунту сполуками заліза і хрому / В. П. Бессонова, О. Є. Іванченко // Інтродукція рослин. – 2002. – № 3-4. – С. 133-139.
3. Вальков В. Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность чернозема / В. Ф. Вальков, С. И. Колесников, К. Ш. Казеев // Агрехимия. – 1997. - № 6. – С. 50-55.
4. Власюк П. А. Биологические элементы жизнедеятельности растений / П. А. Власюк. – К. : Наук. думка, 1969. – 516 с.
5. Герасимчук Л. О. Вплив моно- та поліметалічного забруднення на фітотоксичність дерново-підзолистого ґрунту / Л. О. Герасимчук // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів. – 2010. – № 1. – С. 188–194.
6. Гуральчук Ж. З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії / Ж. З. Гуральчук – К. : Логос, 2006. – 208 с.
7. Довгалюк А. И. Оценка фито- и цитотоксической активности солей металлов с помощью корневой апикальной меристемы лука / А. И. Довгалюк, Т. Б. Калиняк, Я. Б. Блюм // Цитология и генетика. – 2001. - № 1. – С. 3–9.
8. Елькина Г. Я. Формы соединений тяжелых металлов в подзолистых почвах и их фитотоксичность / Г. Я. Елькина, В. А. Безносиков // Эколого-генетические аспекты почвообразования на Европейском северо-востоке. – Сыктывкар, 1996. – С. 91-100.
9. Козьякова Н. О. Підхід до оцінки фітотоксичності ґрунту в умовах його забруднення Cd та Pb / Н. О. Козьякова, В. М. Кавецький // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2001. – Вип. 3(12). – Т. 2. – С. 63-69.
10. Мислива Т. М. Вплив комплексного забруднення важкими металами на фітотоксичність дерново-підзолистого ґрунту / Т. М. Мислива, Р. А. Валерко // Вісн. ДАУ. - 2006. - № 2. – С. 28-35.
11. Мислива Т. М. Вплив поліметалічного забруднення на фітотоксичність дерново-підзолистого ґрунту / Т. М. Мислива, Л. О. Онопрієнко // Вісн. ЖНАЕУ. – 2009. – № 1(24). – С. 137–147.
12. Школьник М. Я. Микроэлементы в жизни растений / М. Я. Школьник. - Л., 1974. – 342 с.
13. Якість ґрунту. Визначення дії забрудників на флору ґрунту. Ч.1. Метод визначення гальмівної дії на ріст коренів: ДСТУ ISO 11269-1:2004 – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 9 с. – (Національний стандарт України).
14. Dunnett C. W. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with control / C. W. Dunnett // J. Am. Statist. Assoc., 50(272), 1985 – P. 1096-1121.

ФИТОТОКСИЧНОСТЬ Cu, Pb, Cd и Zn ДЛЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР – ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА BRASSICACEAE

Ю. А. Белявский, Т. Н. Мыслыва

Оценено влияние моно- и полиметаллического загрязнения Cu, Pb, Cd и Zn в концентрациях, эквивалентных 1, 5, 10 и 15 ПДК каждого, на фитотоксичность дерново-подзолистой почвы для представителей семейства Brassicaceae. Установлено, что сильная токсичность дерново-подзолистой почвы для представителей этого семейства проявляется при концентрации загрязнителей на уровне 10-15 ПДК (за исключением дайкона, поскольку его угнетение вызывало полиэлементное загрязнение, эквивалентное 5 ПДК). Даже низкие концентрации поллютантов при условии их совместного внесения вызывают снижение интенсивности роста растений. По толерантности к полиэлементному загрязнению представители семейства Brassicaceae различаются

ся в следующий убывающий ряд: капуста краснокочанная > капуста брокколи > дайкон. Относительно нетоксичным для представителей исследуемого ботанического семейства является Pb, Cd занимает промежуточное положение, а Cu и Zn наиболее сильно проявляют свои токсические свойства.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнение, почва, фитотоксичность, овощные культуры.

PHYTOTOXICITY OF Cu, Pb, Cd and Zn FOR THE VEGETABLE CULTURES – REPRESENTATIVES OF THE FAMILY OF BRASSICACEAE

YA.A. Bielawski, T.N. Myslyva

The purpose of researches is estimation of influence of mono- and polyelemental pollution with Cu, Pb, Cd and Zn in concentrations, equivalent 1, 5, 10 and 15 MPC, on the phytotoxicity of sod-podzolic soil for the representatives of the family of Brassicaceae as well as to define the cultures from representatives of the family of Brassicaceae, the most suitable for the biological monitoring of mono- and polyelemental contamination of sod-podzolic soil. The phytotoxicity of sod-podzolic soil has been determined for such cultures: daikon, sort of Mayasige, a red cabbage, sort of Kalibos, cabbage of broccoli, sort of Kontinental.

The strong toxicity of sod-podzolic soil for the representatives of this botanical family showed up during the concentration of pollutants at the level of 10 – 15 MPC (after the exception of daikon, oppression of which caused polyelemental contamination, equivalent 5 GDK). Even the low concentrations of pollutants drew the decline of intensity of growth of plants on condition of their compatible bringing. It testifies to strengthening of negative action of heavy metals at the terms of their complex influence, that very frequent takes a place in biomes. After the tolerance to polyelemental pollution the representatives of the family of Brassicaceae are disposed in the following handing down row: a red cabbage > cabbage of broccoli > daikon. Relatively non-toxic for the representatives of the probed botanical family is Pb, Cd occupies intermediate position, and Cu and Zn stronger than all exhibit toxic properties.

Keywords: heavy metals, pollution, soil, phytotoxicity, vegetable cultures.

Дата надходження до редакції: 17.04.2014 р.

Рецензент: Е.А. Захарченко