

В.М. Савосько

ОЦІНКА ФІТОТОКСИЧНОСТІ СУБСТРАТІВ ШАХТНИХ ХВОСТОСХОВИЩ КРИВОРІЗЬЖЯ

Криворізьжя, хвостосховища, фітотоксичність, субстрати

Вступ

В індустріальних регіонах серед техногенних ландшафтів хвостосховища загально визнані науковою думкою як найбільш небезпечні антропогенні новоутворення, які дестабілізують стан навколишнього середовища [2, 11, 12]. Тому дуже актуальна їх оптимізація, в першу чергу, шляхом створення стійких рослинних угруповань санітарно-гігієнічного призначення. Однак, субстрати хвостосховищ характеризуються несприятливими хімічними та фізичними властивостями, які пригнічують ріст та розвиток рослин [2, 11, 12].

У зв'язку з цим є актуальним проведення оцінювання придатності субстратів хвостосховищ для культивування рослин без попереднього нанесення на їхню поверхню шарів осадових гірських порід та/або родючого ґрунту. З цією метою зазвичай використовують різноманітні інструментальні методи дослідження агрохімічних та агрофізичних властивостей техногенних субстратів [4, 21]. Однак, отримана таким чином інформація має опосередкований характер. Тому цілком логічно та перспективно використання методик біотестування, які є достатньо універсальними та відносно недорогими. Результати таких досліджень можуть з успіхом використовуватись для з'ясування інтегральних показників стану об'єктів навколишнього середовища [4, 5, 8, 9, 13, 20].

Метод фітотестування, як провідний різновид біотестування, достатньо широко використовується у сучасних екологічних дослідженнях. Однак, в більшості випадків для цього застосовуються різноманітні модельні експерименти, де відображаються провідні аспекти техногенного середовища [4, 6, 16, 18]. Значно менше досліджень з використанням методів прямого фітотестування техногенних субстратів [13, 20, 21]. І майже відсутні публікації з фітотестування різноманітних витяжок субстратів [13]. Разом з тим, слід відзначити, що за останні півстоліття для з'ясування та вивчення хімічних режимів ґрунтів були запропоновані різноманітні екстрагенти, які імітують дію кореневої системи рослин [1]. Практична апробація таких витяжок дозволила обрати з них найбільш адекватні для подальшого використання у агрохімії, ґрунтознавстві, геохімії та охороні навколишнього середовища [1, 15, 17]. Тому так актуально проведення дослідження прямого фітотестування субстратів хвостосховищ, а також різноманітних їхніх витяжок.

В Криворізькому залізорудному регіоні в середині минулого століття було збудовано низку шахтних збагачувальних фабрик, які зумовили також будівництво шахтних хвостосховищ. В подальшому, після спорудження потужних гірничо-збагачувальних комбінатів, вони втратили свою технологічну актуальність [11, 12]. У більшості випадків за певних причин шахтні хвостосховища були залишені без відповідних рекультиваційних робіт. З часом на їхній території сформувалися спонтанні рослинні угруповання, які характеризуються різноманітними стадіями сингенезу.

В наш час шахтні хвостосховища Криворізьжя являють собою унікальний, з наукової точки зору, «полігон» для проведення екологічних досліджень особливостей та успішності функціонування системи «техногенний субстрат – рослина», першим кроком яких цілком закономірно є оцінювання фітотоксичності субстратів хвостосховища.

Мета роботи

Мета роботи – встановити фітотоксичність субстратів шахтних хвостосховищ Криворізьжя за допомогою методів фітотестування та намітити перспективи їхнього використання для подальшого моніторингу стану техногенних субстратів.

Об'єкт та методи дослідження

Дослідження було проведено з субстратами шахтних хвостосховищ Криворізького залізорудного регіону (шахти ім. Леніна та ш. ім. Артема). На їхній території було обрано дослідні ділянки

з типовими еколого-едафічними умовами. В межах ділянок методом конверта були відібрані змішані зразки субстратів з поверхневого шару (0 – 20 см). Як контроль використовували зразки фоновому ґрунту (чорнозем звичайний), які були відібрані поза межами техногенного впливу [19].

Оцінювання фітотоксичності субстратів проводили за такою схемою: 1) пряме фітотестування, 2) фітотестування витяжок із субстратів (реагенти: дистильована вода, 0,05 Н Трилон-Б, 1 Н хлористий натрій). При прямому фітотестуванні 50 г зразків субстратів переносили у чашки Петрі, змочували дистильованою водою до отримання «водного дзеркала» та накривали фільтрувальним папером. Для приготування витяжок 10 г зразків субстратів переносили у конічну колбу, додавали 100 мл відповідного розчину, інтенсивно перемішували 2–3 хвилини та відстоювали протягом 14–16 годин. Після цього суспензію фільтрували до отримання прозорого фільтрату. Надалі відбирали 15 мл фільтрату, який переносили у чашки Петрі та накривали фільтрувальним папером.

Як тест – об’єкт використовували райграс пасовищний (*Lolium perenne L.*) сорт «Дрогобицький-2» Насіння попередньо замочували при температурі +27...+28°C. В подальшому проростки переносили на фільтрувальний папір та вирощували за природного рівня освітленості і температури +25°C. У кожному варіанті дослідів було 50 рослин, повторність дослідів – трикратна [3].

На сьому добу вимірювали приріст головного кореня та надземної частини. На основі отриманих результатів розраховували індекс ростового інгібування (ІРІ) [22]. Статистичну обробку отриманих даних проводили відповідно до загальноприйнятих методів варіаційної статистики на 95 % рівні значимості [7, 10].

Результати досліджень та їх обговорення

Пряме фітотестування. Метод фітотестування ґрунтів із визначенням їх фітотоксичності був розроблений на основі визначення хімічної взаємодії рослин у біоценозах та агроценозах [13, 20]. Обґрунтований класиками фундаментальної алелопатії, в наш час цей метод з успіхом використовується в розв’язанні різноманітних прикладних завдань щодо охорони навколишнього середовища.

Отримані експериментальні дані свідчать, що субстрати шахтних хвостосховищ Криворіжжя зумовлюють гальмування ростових процесів проростків райграсу пасовищного майже у всіх варіантах дослідів (табл. 1). Однак, лише у варіанті із субстратами шахти ім. Артема різниця з контролем статистично достовірна (довжина кореня на 25 % нижча за контрольні значення ($P < 0,05$)).

Таблиця 1. Фітотоксичність субстратів шахтних хвостосховищ Криворіжжя (пряме фітотестування)

Варіант дослідів	Статистичні показники				% до контролю	ІРІ
	M	m	CV, %	t _{st}		
довжина кореню, мм						
контроль	43,18	1,91	25,39	–	100,00	0,00
субстрат 1	38,85	1,74	25,73	1,68	89,96	10,04
субстрат 2	32,52	1,56	27,51	4,33	75,30**	24,70
висота надземної частини, мм						
контроль	84,82	2,73	18,52	–	100,00	0,00
субстрат 1	86,85	3,00	19,85	0,50	102,39	–2,93
субстрат 2	55,85	2,46	25,32	7,87	65,84**	34,16
співвідношення висоти надземної частини до довжини кореня						
контроль	2,11	0,10	27,19	–	100,00	0,00
субстрат 1	2,40	0,12	29,77	1,79	113,55	–13,55
субстрат 2	1,93	0,09	27,96	1,36	91,15	8,85

Примітки тут і в табл. 2: M – середнє арифметичне, m – абсолютна похибка, CV, %- коефіцієнт варіації, t_{st} – критерій Стьюдента, ІРІ – індекс ростового інгібування, субстрат 1 – хвостосховище шахти ім. Леніна, субстрат 2 – хвостосховище шахти ім. Артема, ** – відмінність з контролем статистично значима ($P < 0,05$).

Цілком закономірно, що коренева система рослин в першу чергу відчуває негативні ефекти едафічного середовища [14]. Проте, за результатами наших досліджень, більше пригнічення виявлено у надземній частині рослин. Незважаючи на виявлені закономірності інгібування росту тест-рослин, слід відзначити постійність значень параметра «Співвідношення довжини надземної частини рослин до кореня». Різноманітні тенденції збільшення (субстрат хвостосховища шахти ім. Леніна), або зменшення (субстрат хвостосховища шахти ім. Артема) цього параметра статистично не достовірні.

Фітотестування водної витяжки. Використання водної витяжки є найбільш поширеним методом у сучасних ґрунтознавстві, агрохімії та геохімії [1, 15, 17, 19]. Вважається, що дистильована вода екстрагує легкокорозчинні форми хімічних елементів, які характеризуються найбільшими екологічними та фізіологічними ефектами. Дослідженням встановлено, що водна витяжка зразків субстратів хвостосховищ негативним чином впливає на ростові показники проростків тест-рослин. Важливо наголосити, що лише в одному випадку (висота надземної частини, субстрат хвостосховища шахти ім. Леніна) є сенс стверджувати про наявність виключно тенденції змін показників (різниця з контролем статистично не достовірні). В той час, як у решті вимірів біометричні показники на 22 – 47 % нижчі за контроль ($P < 0,05$) (табл. 2).

Таблиця 2. Фітотоксичність субстратів шахтних хвостосховищ Криворіжжя (водна витяжка)

Варіант досліду	Статистичні показники				% до контролю	ІРІ
	М	m	CV, %	t _{st}		
довжина кореню, мм						
контроль	56,33	2,91	29,63	–	100,00	0,00
субстрат 1	32,64	1,50	26,34	7,25	57,93**	42,07
субстрат 2	41,52	2,13	29,50	4,11	73,70**	26,30
висота надземної частини, мм						
контроль	88,36	2,69	17,48	–	100,00	0,00
субстрат 1	68,15	2,75	23,22	5,25	77,13**	22,87
субстрат 2	84,76	2,90	19,65	0,91	95,92	4,08
співвідношення висоти надземної частини до довжини кореня						
контроль	1,70	0,08	26,25	–	100,00	0,00
субстрат 1	2,17	0,09	24,43	3,83	127,14**	–27,14
субстрат 2	2,16	0,09	24,14	3,81	126,72**	–26,72

Примітка – див. табл. 1.

Отримані дані вказують на більш інтенсивне пригнічення кореневої системи порівняно з надземною частиною проростків. Цей факт має місце у всіх варіантах нашого дослідження. Також у всіх варіантах дослідження має місце збільшення на 26 – 27 % у порівнянні з контролем ($P < 0,05$) значень співвідношення висоти надземної частини до довжини кореня.

Фітотестування витяжки 0,05 Н Трилону-Б. Вважається, що витяжка 0,05 Н Трилону-Б екстрагує з ґрунтів комплекс хімічних елементів, які умовно відносяться до обмінних форм [1, 15, 19].

Як і у попередніх випадках, результати експерименту вказують на пригнічення цією витяжкою біометричних показників проростків райграсу пасовищного (рис. 1). Встановлено, що довжина кореневої системи була на 30 – 37 %, а висота надземної частини на 19 – 36 % нижче за контрольні значення. Слід відзначити, що в даному випадку фітотестування параметр «висота надземної частини» виявився більш чутливим до субстратів шахтних хвостосховищ. Використання витяжки 0,05 Н Трилону-Б певним чином знайшло відбиток на співвідношенні висоти надземної частини до довжини кореня. На відміну від попередніх випадків, довжина кореня кількісно перевищує висоту надземної частини проростків тест-рослин. Однак, ці залежності статистично не достовірні, тобто можна стверджувати лише про наявність певної тенденції.

Фітотестування витяжки 1 Н NaCl. За сучасними уявленнями, одно-нормальний розчин хлористого натрію, внаслідок активної взаємодії з ґрунтовим поглинальним комплексом, індукує його якісні та кількісні характеристики. З таких причин цей розчин використовують як стандартний метод визначення суми обмінних основ та в інших ґрунтознавчих дослідженнях [1, 15, 17].

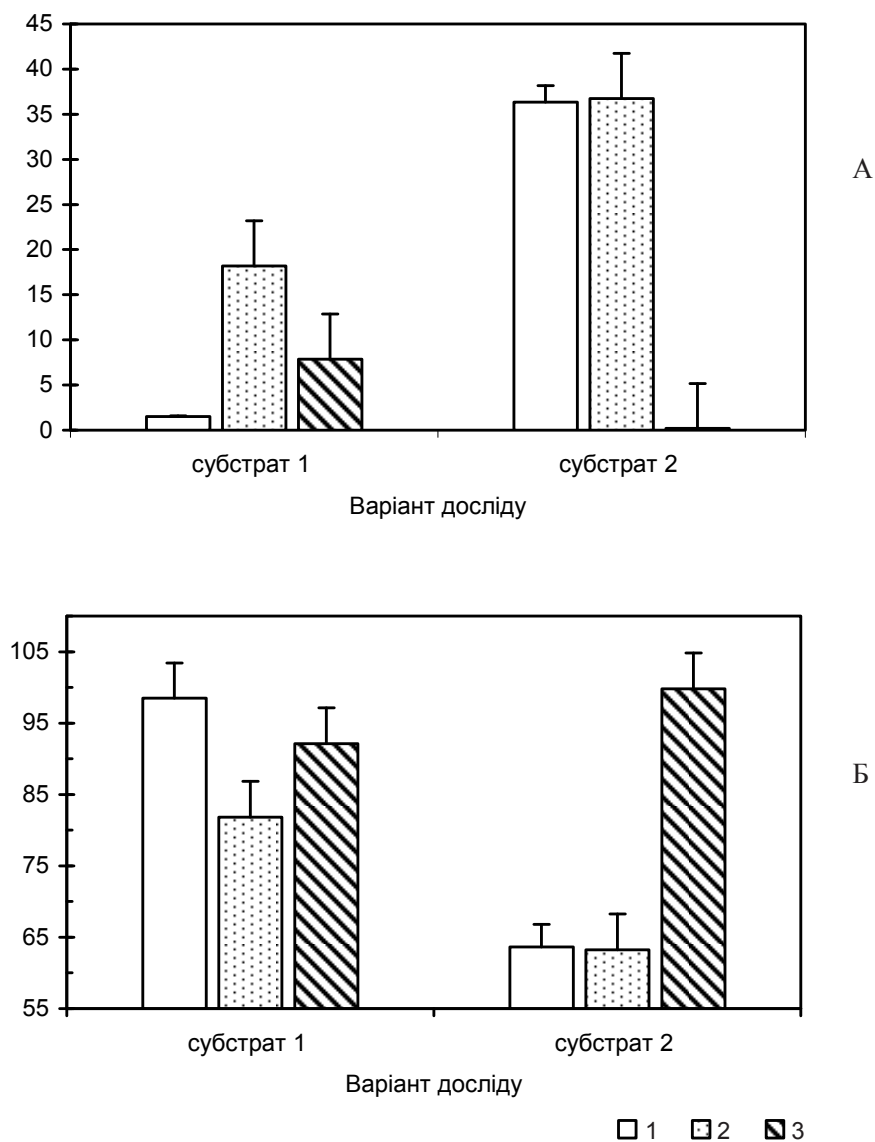


Рис 1. Фітотоксичність субстратів шахтних хвостосховищ Криворіжжя (витяжка 0,05 Н Трилон Б): А – ІРІ (індекс ростового інгібування); Б – відсоток до контролю; субстрат 1 – хвостосховище шахти ім. Леніна; субстрат 2 – хвостосховище шахти ім. Артема; 1 – довжина кореня, мм; 2 – висота надземної частини, мм; 3 – співвідношення висоти.

Проведений аналіз отриманих експериментальних даних показав, що при фітотестуванні витяжки 1 Н розчину хлористого натрію має місце статистично достовірне пригнічення всіх біометричних показників проростків райграсу пасовищного (рис. 2). Так, довжина кореня на 18 – 39 %, а висота надземної частини на 42 – 64 % нижче за контрольні значення ($P < 0,05$). Слід відзначити, що під впливом такої витяжки надземна частина рослини виявилася більш чутливою до дії негативного фактору. Цей факт мав місце у всіх варіантах досліду. Як і у попередньому випадку, у дослідних рослин переважала висота надземної частини порівняно з підземною.

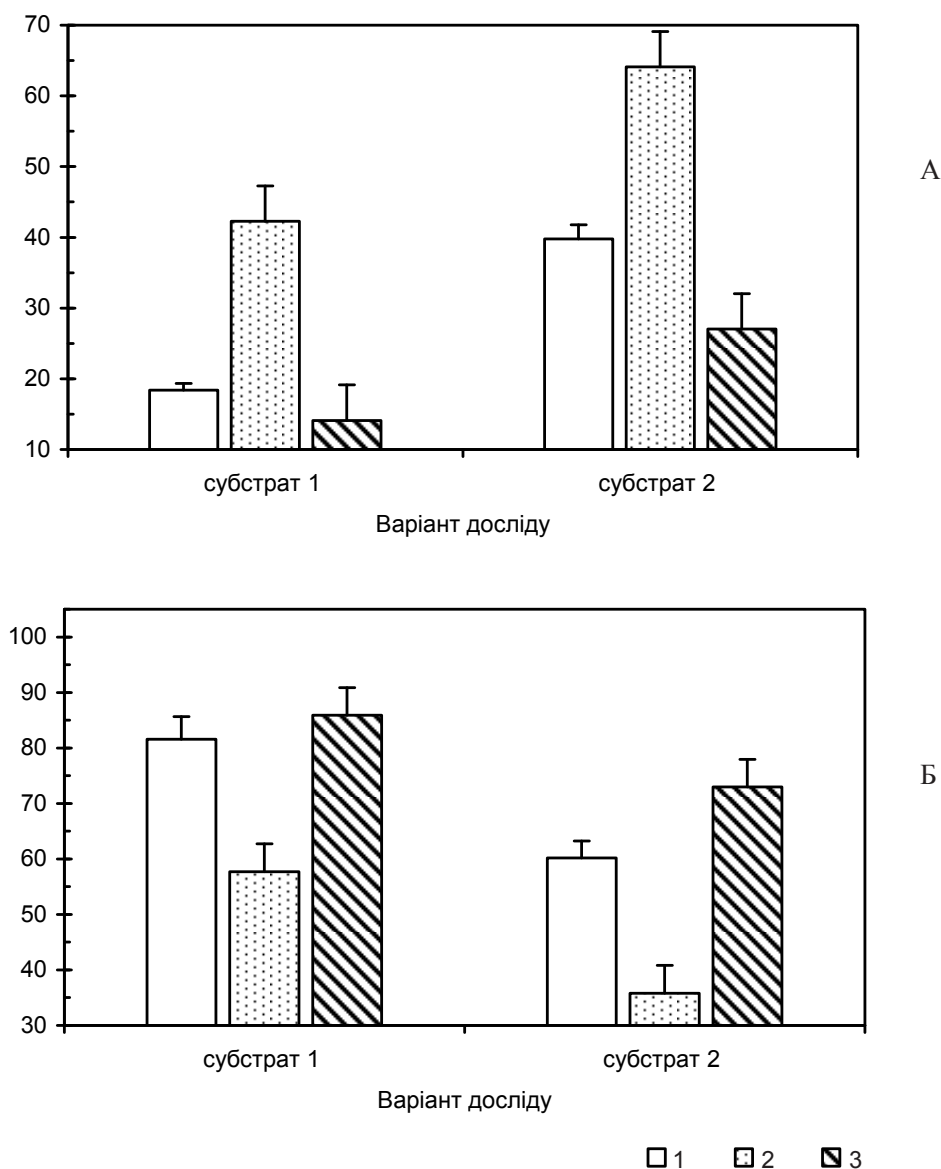


Рис 2. Фітотоксичність субстратів шахтних хвостосховищ Криворіжжя (витяжка $1\ H\ NaCl$): А – ІРІ (індекс ростового інгібування); Б – відсоток до контролю; субстрат 1 – хвостосховище шахти ім. Леніна; субстрат 2 – хвостосховище шахти ім. Артема; 1 – довжина кореня, мм; 2 – висота надземної частини, мм; 3 – співвідношення висоти.

Заклучення

Проведений аналіз отриманих результатів дозволив нам зробити наступні висновки. Техногенні субстрати шахтних хвостосховищ Криворізького регіону характеризуються певним рівнем фітотоксичності, що проявляється у пригніченні морфометричних показників тест-рослин. При цьому, серед субстратів більш фітотоксичними виявилися зразки з хвостосховища шахти ім. Артема. Цей факт можна пояснити віком цієї гідротехнічної споруди та технологічною схемою її експлуатації. Так, хвостосховище шахти ім. Артема законсервовано на 30 років пізніше, ніж шахти ім. Леніна. Також слід зазначити, що у 50-их роках минулого століття воно використовувалося як відстійник високомінералізованих шахтних вод.

За результатами досліджень було виявлено, що надземна частина тест-рослин є більш чутливою до дії техногенних субстратів. Цей факт деякою мірою може здаватися парадоксальним, тому що коренева система рослин першою взаємодіє з несприятливим едафічним фактором. На нашу думку, це явище можна пояснити наявністю певних захисних функцій у кореневій системі.

Серед методів фітотестування субстратів шахтних хвостосховищ найбільш перспективним для подальшого використання є одно-нормальний розчин хлористого натрію. За даними наших досліджень, за цим методом виявлено найбільші відмінності фітотоксичного ефекту, як у кількісному, так і у якісному прояві.

На нашу думку, отримані результати можуть бути використані при плануванні певних природоохоронних заходів, організації моніторингу стану довкілля промислових регіонів. Також слід відзначити, що в майбутньому доцільно спланувати та провести дослідження з обґрунтування технології щодо детоксикації субстратів шахтних хвостосховищ безпосередньо у польових умовах (*in situ*). Це створить передумови для фітооптимізації хвостосховищ.

1. *Агрехимия*: Учебник для вузов / под ред. проф. Б.А. Ягодина. – М.: Колос, 2004. – 584 с.
2. *Андроханов В.А.* Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция / В.А. Андроханов, Е.Д. Кулягина, В.М. Курачев. – Новосибирск: Наука, 2004. – 154 с.
3. *Гавриленко Д.Ф.* Большой практикум по физиологии растений / Д.Ф. Гавриленко, М.Е. Ладыгина, Л.П. Хандобина. – М.: Высш. шк., 1975. – С. 392.
4. *Глухов О.З.* Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі / О.З. Глухов, А.І. Сафонов, Н.А. Хижняк. – Донецьк: Норд-Пресс, 2006. – 360 с.
5. *Глухов О.З.* Індикація стану техногенного середовища за морфологічною мінливістю рослин / О.З. Глухов, С.І. Прохорова // *Промышленная ботаника*. – 2008. – Вып. 8. – С. 3 – 11.
6. *Гришко В.Н.* Толерантность кукурузы к различным солям кадмия / В.Н. Гришко, Д.В. Сыщиков // *Доп. НАН України*. – 2002. – № 11. – С. 170 – 175.
7. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 531 с.
8. *Захаров В.М.* Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов / В.М. Захаров, Д.М. Кларк. – М.: Биотест, 1993. – 68 с.
9. *Кабилов Р.Р.* Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории / Р.Р. Кабилов, А.Р. Сагитова, Н.В. Суханова // *Экология*. – 1997. – № 6. – С. 408 – 411.
10. *Лакин Г.Ф.* Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
11. *Лысый А.Е.* Экологические и социальные проблемы и пути оздоровления крупного промышленного региона (на примере Криворожского железорудного бассейна) / А.Е. Лысый, С.А. Рыженко, И.П. Козятин. – Кривой Рог: Этюд Сервис, 2007. – 428 с.
12. *Малахов І.М.* Техногенез у геологічному середовищі / І.М. Малахов. – Кривий Ріг: Октант-Принт, 2003. – 252 с.
13. *Маячкина Н.В.* Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки / Н.В. Маячкина, М.В. Чугунова // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. – 2009. – № 1. – С. 84 – 93.
14. *Мусієнко М.М.* Екологія рослин: Підручник / М.М. Мусієнко. – К.: Либідь, 2006. – 432 с.
15. *Назаренко І.І.* Ґрунтознавство / І.І. Назаренко, С.М. Польшина, В.А. Нікорич. – Чернівці, 2003. – 394 с.
16. *Остапко И.Н.* Влияние ионов хрома на проростки некоторых видов и сортов растений, используемых в кормопроизводстве Донбасса / И.Н. Остапко // *Промышленная ботаника*. – 2006. – Вып. 6. – С. 48 – 54.
17. *Перельман А.И.* Геохимия / А.И. Перельман. – М.: Высш. шк., 1989. – 528 с.
18. *Піскова О.М.* Інґібування росту проростків кукурудзи за спільної дії хрому та нікелю / О.М. Піскова, О.М. Вінниченко, В.М. Гришко // *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. – 2008. – Вып. 16, т. 1. – С. 174 – 178.
19. *Практикум по почвоведению* / Под ред. И.С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1986. – 246 с.
20. *Селивановская С.Ю.* Создание тест-системы для оценки токсичности многокомпонентных образований, размещаемых в природной среде / С.Ю. Селивановская, В.З. Латыпова // *Экология*. – 2004. – № 1. – С. 21 – 24.
21. *Торохова О.Н.* Оценка пригодности пород промышленных отвалов Донбасса для произрастания растений / О.Н. Торохова, И.В. Агурова // *Промышленная ботаника*. – 2008. – Вып. 8. – С. 12 – 16.
22. *Wilkins D.A.* The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth / D.A. Wilkins // *New Phytol.* – 1978. – Vol. 80, № 3. – P. 623 – 633.

УДК 581.52: 581.4: 58.051(622.7:504)

ОЦІНКА ФІТОТОКСИЧНОСТІ СУБСТРАТІВ ШАХТНИХ ХВОСТОСХОВИЩ КРИВОРІЖЖЯ
В.М. Савосько

Криворізький державний педагогічний університет

Використовуючи методи прямого фітотестування, а також тестування витяжок (розчини: вода дистильована, 0,05 Н Трилон Б, 1 Н хлористого натрію) досліджено фітотоксичність субстратів шахтних хвостосховищ Криворізького залізрудного регіону. Встановлено, що фітотоксичність субстратів залежить від віку хвостосховища та технології його попередньої експлуатації. Рекомендовано для подальшого використання витяжку одно нормального розчину хлористого натрію.

UDC 581.52: 581.4: 58.051(622.7:504)

THE PHYTOTOXICITY ESTIMATION OF THE MINE TAILING POUNDS' SUBSTRATE AT KRYVVI RIH
IRON-ORE REGION

V. M. Savosko

Kryvyi Rih State Pedagogical University

The substrates' phytotoxicity of mine tailing pounds at the Kryvyi Rih iron-ore region has been studied by means of the methods of direct phytotesting, as well as extraction testing (solutions: distillers' water, 0,05 N Trilonum B, 1 N of chlorous sodium). It has been identified that the phytotoxicity of the substrates depends on the age of tailing pounds and technology of its previous utilization. It has been recommended to use one normality solution of sodium chloride.