



УДК 581.1 : 577.175.1 + 662.271.4

ВПЛИВ ГІБЕРЕЛІНУ НА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ І НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ПРОРОСТКАХ ГІРЧИЦІ БІЛОЇ ТА ЩАВНАТУ ЗА РОСТУ НА ВИТЯЖКАХ СУБСТРАТІВ ПОРОДНОГО ВІДВАЛУ

С. П. Ващук¹, В. І. Баранов¹, Д. Б. Рахметов²

¹Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна

²Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка, вул. Тімірязєвська, 1, Київ 01014, Україна
e-mail: sergijvaschuk@gmail.com

Вивчено вплив гіберелової кислоти на проростання насіння, морфометричні показники та нагромадження важких металів у семидобових проростках гірчиці білої (*Sinapis alba* L.) і щавнату (щавлю гібридного) (*Rumex patientia* L. x *Rumex tianschanicus* A. Los.) за росту на водних витяжках зі субстратів породного відвалу вугільних шахт. Показано, що проростки щавнату є стійкішими, порівняно із проростками гірчиці. Гіберелова кислота призводила до збільшення чи зменшення поглинання окремих важких металів рослинами, змінюючи здатність проростків обох рослин до їх акумуляції. Хоча проростки щавнату нагромаджували важкі метали у меншій кількості, ніж проростки гірчиці білої, однак надземна маса щавнату у природних умовах переважає надземну масу гірчиці мінімум у 5–7 разів, а маса кореневої системи – у 7–18 разів, і це дає змогу застосовувати його як рослину-фіторемедіатор завдяки великій масі органів. Виявлено, що проростки щавнату і гірчиці білої акумулюють Купрум, Плюмбум та Кадмій, що дає підстави рекомендувати ці рослини на техногенно забруднених субстратах і для посадок уздовж автотрас для акумуляції важких металів.

Ключові слова: гірчиця біла (*Sinapis alba*), щавнат (щавель гібридний) (*Rumex patientia* L. x *R. tianschanicus* A. Los.), важкі метали, породний відвал вугільних шахт, гіберелін.

ВСТУП

Серед численних антропогенних забруднювачів довкілля вагому частку становлять важкі метали (ВМ) та їхні сполуки, які характеризуються значною стійкістю, високою токсичністю, вираженими акумулятивними властивостями й негативним впливом на здоров'я населення [6, 11, 18]. Тому проблема очищення ґрунтів від ВМ є і буде актуальною ще досить довго. На сьогодні відомо кілька методів очищення ґрунтів від важких металів [1, 5, 12, 18]. Одне з провідних місць серед них займає фіторемедіація – здатність рослин поглинати токсичні речовини із навколишнього середовища, яка є економічно вигіднішою за звичайну рекультивацию з підсіпкою ґрунту і використовується для біологічного очищення ґрунту [9, 17, 21].

Рослини можуть поглинати досить великі кількості ВМ. Так, *Thlaspi caerulescens* J. & C. Presl є ефективним гіперакумулятором цинку, тому що він здатний нагромаджувати без шкоди більше ніж 10 г цинку на 1 кг біомаси [22]. Індійська гірчиця (*Brassica juncea* L.) нагромаджує меншу концентрацію важких металів, але завдяки великій біомасі та швидкості росту також є ефективним очищувачем ґрунтів [22]. Дикоростуча трава у Китаї – молочай блискучий (*Euphorbia splendens* Voj. ex Hook) – здатна у великих кількостях накопичувати мідь і завдяки своїй стійкості й толерантності є основним видом навколо мідних копалень [23]. Інша районована у Китаї рослина *Sedum alfredii* Hance акумулює у великих кількостях цинк [22] і кадмій [23]. У разі вирощування *Sedum alfredii* на ґрунтах із високим вмістом цинку або кадмію, їх концентрація в зеленій масі може досягати 1–2% [20, 23].

Серед основних забруднювачів навколишнього середовища важкими металами в Червоноградському гірничопромисловому районі (ЧГПР) слід назвати породні відвали вугільних шахт, зокрема і породний відвал Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ), який відсипаний в околицях с. Сілець Сокальського району Львівської області. Едафічні умови відвалу є несприятливими для росту більшості рослин, зокрема до них, крім високого вмісту ВМ, належать висока кислотність температура, вітрова ерозія, низький вміст органічної маси [3], тому при підборі рослин для фітореMediaції слід орієнтуватися на ті рослини, які швидко ростуть, мають значну біомасу та глибоку кореневу систему і здатність до фітореMediaції [8]. Іншими негативними факторами субстратів відвалу є значна водопроникність і видування вітром залишків води, внаслідок чого рослинам не вистачає вологи.

Метою роботи було вивчення впливу гіберелової кислоти на проростання насіння і поглинання важких металів проростками гірчиці білої та щавнату за умов росту на витяжках субстратів породного відвалу вугільних шахт.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Водні витяжки готували з двох основних за кольором субстратів відвалу – чорного (неперегоріла порода) та червоного (перегоріла порода) з розрахунку 1:10 і настоювали 72 год. Використовували гіберелову кислоту фірми „Sigma”, США в концентрації 25 мг/л. Насіння гірчиці білої та щавнату замочували протягом 3-х год у воді (контроль) та розчині гіберелової кислоти. Далі насіння розкладали у чашки Петрі на фільтрувальний папір з витяжками обох субстратів і ставили в термостат при температурі 22°C. Після 7 діб вимірювали висоту пагонів і довжину коренів та масу рослин.

Для визначення вмісту важких металів у проростках і субстратах проби спалювали в муфельній печі у фарфорових тиглях при температурі 450–500°C протягом 4–6 год до отримання золи однорідного кольору. Рухомі форми важких металів екстрагували амонійно-ацетатним буфером рН 4,8 і визначали їх вміст на атомно-адсорбційному спектрофотометрі С-115 („Селмі”, Україна) у пропан-бутановому полум’ї з використанням електротермічного атомізатора „Графіт-2” [14]. Проби брали у триразовій повторності; при $p = 0,95$ похибка не перевищувала 7%, причому допустима похибка приладу становила 10% [15].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХНЕ ОБГОВОРЕННЯ

Вивчено вплив гіберелової кислоти на значення морфометричних показників (табл. 1). Висота пагонів зменшувалася за росту на витяжках субстратів у разі замочування насіння як у воді, так і за дії гібереліну, а довжина коренів, навпаки,

збільшувалась в обох варіантах дослідю. Аналогічно, і маса пагонів знижувалася при збільшенні маси коренів, як лише на витяжках із порід, так і за дії ГК, винятком був варіант чорний субстрат + ГК, де відзначено зменшення маси кореня. Цей ефект – зниження маси пагонів при збільшенні маси коренів у більшості рослин є нетиповим для дії ГК, оскільки в основному гіберелін діє навпаки – стимулює ріст пагона й інгібує ріст кореня [16]. Пояснити цей ефект можна лише різним мінеральним складом витяжок, що може призводити до утворення комплексів ГК з різними елементами, що змінює напрям дії цього регулятора росту.

Ще одним об'єктом досліджень були проростки щавнату – нової та малодослідженої рослини. Літературних даних про вплив ГК на його ріст і розвиток ми не знайшли.

Таблиця 1. Вплив ГК на морфометричні показники 7-добових проростків гірчиці білої за росту на витяжках зі субстратів породного відвалу

Table 1. Effect of the gibberellin on morphometric characteristics of seven daily *Sinapis alba* L. seedlings under growth on extracts of substrates of rock dumps

Варіант	Висота пагона, см		Маса пагона, мг		Довжина кореня, см		Маса кореня, мг	
	M±m	%	M±m	%	M±m	%	M±m	%
Насіння гірчиці білої, замочене у воді								
Контроль (вода)	7,8±0,2	100	56,0±0,2	100	4,1±0,1	100	6,0±1,0	100
Чорний субстрат	2,4±0,2	31	24,0±0,7	43	5,2±0,2	126	9,0±0,7	150
Червоний субстрат	5,7±0,5	73	49,0±0,2	88	6,1±0,3	149	25,0±0,2	417
Насіння гірчиці білої, замочене в розчині ГК								
Контроль (вода)	8,0±0,4	103	22,0±0,6	39	6,8±0,3	166	28,0±0,2	467
Чорний субстрат	5,0±0,3	64	17,0±0,2	30	4,5±0,4	110	5,0±0,7	83
Червоний субстрат	5,6±0,2	72	45,0±0,2	80	5,0±0,4	122	53,0±4,0	883

Примітка: % в таблиці – % до контролю.

Comment: % in table – % compare to control.

Як видно з результатів табл. 1, морфометричні показники пагонів гірчиці білої, у разі замочування насіння як у воді, так і в ГК, були меншими за контрольні у процесі вирощування на обох субстратах. Зміни показників коренів не мали чіткої закономірності – відзначено збільшення їхніх довжини і маси у разі замочування у воді на обох субстратах, а за дії ГК спостерігали збільшення довжини на обох субстратах і маси на червоному субстраті, але зменшення її на чорному субстраті.

Морфометричні показники пагонів і коренів проростків щавнату збільшувалися, порівняно з контролем, в усіх варіантах – за росту на обох субстратах як при замочуванні насіння у воді, так і за дії гіберелової кислоти (табл. 2), на відміну від проростків гірчиці, де спостерігали інгібування росту пагонів і стимуляцію росту коренів.

Таким чином, на основі аналізу змін морфометричних показників можна висловити припущення, що проростки щавнату були більш стійкими до дії витяжок зі субстратів відвалу як у разі замочування насіння у воді, так і за дії ГК, ніж гірчиці білої. Це, на наш погляд, можна пояснити тим, що клітинний сік щавнату, як і витяжки з порід, має низький рівень рН, який створює більший адаптаційний потенціал до кислотності субстратів.

Наступним етапом було визначення вмісту рухомих форм важких металів у золі рослин і субстратах, підрахунок коефіцієнта біологічного поглинання як ознаку належності до індикаторів, акумуляторів або елімінаторів [13], а також рядів їх накопичення (табл. 3–7).

Таблиця 2. Вплив ГК на морфометричні показники 7-добових проростків щавнату за росту на витяжках зі субстратів породного відвалу

Table 2. Effect of the gibberellin on morphometric characteristics of seven daily *Rumex patientia* L. x *R. tianschanicus* A. Los under growth on extracts of substrates of rock dumps

Варіант	Висота пагона, см		Маса пагона, мг		Довжина кореня, см		Маса кореня, мг	
	M±m	%	M±m	%	M±m	%	M±m	%
Насіння щавнату, замочене у воді								
Контроль (вода)	2,5±0,1	100	7,0±0,6	100	2,2±0,4	100	4,0±0,2	100
Чорний субстрат	3,0±0,2	120	16,0±0,1	229	2,5±0,3	114	8,0±0,6	200
Червоний субстрат	5,4±0,1	216	3,0±0,3	429	4,8±0,3	218	7,0±0,1	175
Насіння щавнату, замочене в розчині ГК								
Контроль (вода)	3,3±0,3	132	14,0±0,1	200	2,0±0,2	91	2,0±0,6	50
Чорний субстрат	3,8±0,3	152	23,0±0,4	328	4,0±0,1	182	5,0±0,8	125
Червоний субстрат	3,7±0,4	148	2,0±0,1	286	3,4±0,2	155	1,0±0,1	250

Таблиця 3. Вміст рухомих форм важких металів у золі субстратів відвалу та у проростках насіння гірчиці білої, замочених у воді та ГК

Table 3. The content of mobile forms of heavy metals in the ash substrates of rock dumps and seedlings of *Sinapis alba* L. under effect of gibberellin

Варіант	Cr	Cu	Pb	Co	Cd	Zn
	Вміст хімічних елементів у субстратах породного відвалу, мг/кг					
Чорний субстрат	216,39	4,25	17,24	89,88	0,71	181,86
Червоний субстрат	218,57	2,67	8,44	19,24	0,67	177,92
Вміст хімічних елементів у золі проростків гірчиці білої, мг/кг						
Насіння, замочене у воді						
Чорний субстрат	104,00	16,95	15,91	12,50	1,00	86,10
Червоний субстрат	122,20	20,15	5,01	6,10	4,05	109,60
Насіння, замочене у розчині ГК						
Чорний субстрат	11,50	7,80	20,20	5,20	2,95	508,50
Червоний субстрат	13,05	9,00	20,71	6,50	1,00	65,58

Із літератури відомо [4, 7, 8, 10], що хрестоцвіті, зокрема гірчиця, часто виявляють акумулятивні властивості до нагромадження важких металів і, як видно з табл. 3, у разі замочування насіння у воді та розчині ГК спостерігали накопичення міді й кадмію на обох витяжках зі субстратів. Вміст Плюмбуму збільшувався у золі проростків за дії ГК за росту на обох субстратах, а Цинку – лише за дії ГК на чорному субстраті.

Збільшення значення коефіцієнта біологічного поглинання понад одиницю у Cu, Cd в контролі і за дії ГК та Pb за дії лише ГК свідчить про акумулятивні властивості гірчиці білої (табл. 4).

Результати визначення вмісту важких металів у золі проростків щавнату наведені у табл. 5. Проростки щавнату були накопичувачами Купруму в усіх варіантах, Кадмію під впливом попереднього замочування у розчині ГК на обох субстратах і на чорному субстраті за умови замочування у воді, а Плюмбуму на червоному субстраті у разі замочування у воді та ГК.

Хоча коефіцієнти біологічного поглинання у щавнату (табл. 6) були дещо нижчими, ніж у гірчиці білої, але за їхніми значеннями (більшими за одиницю) щавнат можна віднести до групи акумуляторів Плюмбу, Купруму, Кадмію.

Таблиця 4. Коефіцієнт біологічного поглинання ВМ у золі проростків насіння гірчиці білої, замоченого у воді та ГК

Table 4. Coefficient of bioaccumulation of heavy metals in the ash of seedlings of *Sinapis alba* L. under the gibberellin action

Варіант	Cr	Cu	Pb	Co	Cd	Zn
Насіння, замочене у воді						
Чорний субстрат	0,48	3,99	0,92	0,14	1,40	0,47
Червоний субстрат	0,56	7,55	0,59	0,32	6,09	0,62
Насіння, замочене у розчині ГК						
Чорний субстрат	0,05	1,84	1,17	0,06	4,13	2,80
Червоний субстрат	0,06	3,37	2,45	0,34	1,50	0,37

Таблиця 5. Вміст рухомих форм важких металів у золі субстратів відвалу та золі проростків насіння щавнату, замоченого у воді та ГК

Table 5. Content of mobile forms of heavy metals in the ash of rock dumps substrates of *Rumex patientia* L. x *R. tianschanicus* A. Los under the gibberellin action

Варіант	Cr	Cu	Pb	Co	Cd	Zn
Вміст хімічних елементів у субстратах породного відвалу, мг/кг						
Чорний субстрат	216,39	4,25	17,24	89,88	0,71	181,86
Червоний субстрат	218,57	2,67	8,44	19,24	0,67	177,92
Вміст хімічних елементів у золі проростків щавнату, мг/кг						
Насіння щавнату, замочене у воді						
Чорний субстрат	54,00	15,50	10,70	6,10	1,00	36,55
Червоний субстрат	72,00	19,25	13,50	5,35	0,50	54,10
Насіння щавнату, замочене у розчині ГК						
Чорний субстрат	53,50	5,10	6,95	7,00	1,50	58,20
Червоний субстрат	59,00	6,70	15,10	6,00	1,00	63,80

Таблиця 6. Вплив гібереліну на коефіцієнт біологічного поглинання ВМ у золі проростків щавнату

Table 6. Effect of gibberellin on the coefficient of heavy metals bioaccumulation in the ash of seedlings of *Rumex patientia* L. x *R. tianschanicus* A. Los

Варіант	Cr	Cu	Pb	Co	Cd	Zn
Насіння, замочене у воді						
Чорний субстрат	0,25	3,65	0,62	0,07	1,40	0,20
Червоний субстрат	0,33	7,21	1,60	0,28	0,75	0,30
Насіння, замочене у розчині ГК						
Чорний субстрат	0,25	1,20	0,40	0,08	2,10	0,32
Червоний субстрат	0,27	2,51	1,79	0,31	1,50	0,36

Аналіз рядів біологічного поглинання (табл. 7) свідчить про позитивний вплив гіберелової кислоти на поглинання Плюмбу, який з четвертої позиції за поглинанням переходить на другу у проростках гірчиці білої. У проростках щавнату Плюмбум за дії ГК переходить з четвертої на третю позицію на червоному субстраті.

Хоча проростки щавнату нагромаджували важкі метали у меншій кількості, ніж проростки гірчиці білої, однак щавнат у природних умовах переважає надземну масу гірчиці мінімум у 5–7 разів та у 7–18 разів кореневу систему, і це дає змогу використовувати його як акумулятор важких металів завдяки значній біомасі.

Таблиця 7. Ряди накопичення ВМ у золі проростками гірчиці білої та щавнату

Table 7. Rows of heavy metals accumulation in the ash of seedlings of *Sinapis alba* L. and *Rumex patientia* L. x *R. tianschanicus* A. Los

Варіант	Ряд накопичення важких металів
Насіння гірчиці, замочене у воді	
Чорний субстрат	Cr --- Zn ---- Cu --- Pb ---- Co ----- Cd
Червоний субстрат	Cr----- Zn---- Cu --- Co --- Pb --- Cd
Насіння гірчиці білої, замочене у розчині ГК	
Чорний субстрат	Zn---- Pb ---- Cr----- Cu---- Co----- Cd
Червоний субстрат	Zn---- Pb----- Cr----- Cu---- Co----- Cd
Насіння щавнату, замочене у воді	
Чорний субстрат	Cr----- Zn---- Cu---- Pb--- Co ----- Cd
Червоний субстрат	Cr----- Zn---- Cu---- Pb--- Co ----- Cd
Насіння щавнату, замочене у розчині ГК	
Чорний субстрат	Zn ---- Cr----- Co----- Pb ---- Cu---- Cd
Червоний субстрат	Zn ---- Cr----- Pb ---- Cu ---- Co ----Cd

Таким чином, гіберелін покращував поглинання окремих важких металів і певні ростові показники досліджуваних рослин. Доведено, що проростки щавнату і гірчиці білої мають властивості акумуляторів Купруму, Плюмбуму та Кадмію, а це дає змогу використовувати їх на техногенно забруднених ґрунтах. На основі проведених досліджень можна рекомендувати ці види рослин у перелік рослин-акумуляторів ВМ у Державні правила рекультивациі породних відвалів вугільних шахт і для висаджування вздовж автотрас.

1. Байдина Н.Л. Инактивация тяжелых металлов гумусом и цеолитами в техногенно загрязненной почве. **Почвоведение**, 1994; 9: 121–125.
2. Баранов В., Книш І., Блайда І. та ін. Тростина – фіторемедіант важких металів у дренажних канавах породних відвалів вугільних шахт. **Біологічні студії / Studia Biologica**, 2012; 6(1): 93–100.
3. Баранов В.І. Екологічний опис породного відвалу вугільних шахт ЦЗФ ЗАТ „Львів-Системенерго” як об’єкта для озеленення. **Вісник Львів. ун-ту. Сер. біол.**, 2008; 46: 172–178.
4. Биндич Т.Ю., Мурза І.Ф. Міграційні здібності важких металів при поліелементному складі забруднювачів. **Агрохімія і ґрунтознавство**. Спец. випуск до V з’їзду УТГА (6–10 липня 1998, м. Рівне). Харків, 1998; 4: 181–183.
5. Васильев А.Н., Мартыненко А.И. Современные подходы к решению проблемы загрязнения почв тяжелыми металлами. **Экотехнологии и ресурсосбережение**, 2000; 5: 47–53.
6. Грабовський О.В., Рошко В.Г., Ніколайчук О.І. Акумуляція важких металів ґрунтом та рослинними об’єктами в умовах антропогенного навантаження. **Наук. вісник УжДУ. Сер. Біологія**, 2000; 8: 158–160.
7. Графская Н.А., Величко В.А. Эффективность мелиорантов на загрязненных тяжелыми металлами почвах. **Агротех. вестник**, 1998; 1: 37–38
8. Гуральчук Ж.З. **Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії**. К.: Логос, 2006: 63–92.
9. Гуральчук Ж.З., Гудков І.М. Фіторемедіація та її роль в очищенні ґрунтів від важких металів та радіонуклідів. **Физиология и биохимия культ. растений**, 2005; 37(5): 371–383.

10. Ильин В.Б., Степанова М.Д. О фоновом содержании тяжелых металлов в растениях. **Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук**, 1981; 1(5): 26–32.
11. Крамарьов С.М., Деркачов Е.А., Колодочка О.М. та ін. Екологічні та гігієнічні проблеми забруднення рухомими формами важких металів ґрунту промислових агломерацій Придніпров'я. **Довкілля та здоров'я**, 2004; 2(29): 24–28.
12. Крамарьов С.М., Нейковський С.І., Яковишина Т.Ф. Патент 55960 А Україна, МКИ С 09 К 17/02. **Спосіб зниження рухомих форм важких металів в техногенно забрудненому ґрунті**. Заявник і патентовласник Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Бюл. № 4; Заявл. 15.08.2002; Опубл. 15.04.2003: 3 с.
13. Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. **Физиология растений**: учебник. М.: Высш. Школа, 2006. 742 с.
14. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. М.: Гидрометеоиздат, 1981. 80 с.
15. Виконання вимірів концентрації важких металів у пробах об'єктів НС на спектрофотометрі С-115. М: методичні вказівки до лабор. роботи / укладач О.Є. Аверкова. Суми: Вид-во СумДУ, 2010, 29 с. Електронний ресурс. Режим доступу: <ftp://lib.sumdu.edu.ua/rio/2010/m2732.doc>
16. Муромцев Г.С., Коренева В.М., Герасимова Н.М. Гиббереллины и рост растений. В кн.: **Рост растений и природные регуляторы**. М.: Наука, 1977: 193–216.
17. Прасад М.Н. Практическое использование растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами. **Физиология растений**, 2003; 50(5): 764–780.
18. Трахтенберг, И.М., Колесников В.С., Луковенко В.П. **Тяжелые металлы во внешней среде**. Минск: Наука и техника, 1994. 285 с.
19. Яковишина Т.Ф. Екологічний аналіз впливу сорбент-меліорантів на агрохімічні показники родючості при детоксикації важких металів в ґрунті. **Вісник СНАУ. Сер. Агронія і біологія**, 2010; 10(20):14–18.
20. Ljubojevic M., Herak-Kramberger S.M., Brown D. Cd-MT cause's endocytosis of brush-border transporters in rat renal proximal tubules. **Am. J. Physiol. Renal. Physiol.**, 2002; 283(6): 1389–1402.
21. Sauve S., Hendershot W., Allen H. Solid–solution partitioning of metals in contaminated soils: Dependence of pH, total metal burden, and organic matter. **Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.**, 2000; 34: 1125–1131.
22. Wade M., Parent S., Finnson K.W. et al. Thyroid toxicity due to subchronic exposure to a complex mixture of 16 organochlorines, lead, and cadmium. **Toxicol Sci**, 2002; 67(2): 207–218.
23. Yang J.Y., Yang X.E., He Z.L. et al. Adsorption-desorption characteristics of lead in variable charge soils. **J. Environ. Sci. Health**, 2004; 39(8): 1083–1087.

EFFECT OF GIBBERELLIN ON SEED GERMINATION AND HEAVY METALS ACCUMULATION IN SEEDLINGS OF *SINAPIS ALBA* AND *RUMEX PATIENTIA* X *R. TIANSCHANICUS* UNDER GROWTH ON SUBSTRATE EXTRACTS OF ROCK DUMPS

S. Vashchuk¹, V. Baranov¹, D. Rakhmetov²

¹Ivan Franko National University of Lviv, 4, Hrushevskiyi St., Lviv 79005, Ukraine

²M. M. Grishko National Botanical Garden of Kyiv, 1, Timiryazevska St., Kyiv 01014, Ukraine
e-mail: sergijvaschuk@gmail.com

The effect of gibberellin on seed germination, morphometric parameters and accumulation of heavy metals in plants seedling of *Sinapis alba* L. and *Rumex patientia* L. x *Rumex tianschanicus* A. Los. under growth on the water extracts of rock dumps substrates was studied. It was found that *Rumex patientia* x *R. tianschanicus* seedlings

were more resistant compared with seedlings of mustard *Sinapis alba*. It was found that gibberellin improved or reduced the absorption of certain heavy metals by plants, changed their heavy metals accumulation properties. *Rumex patientia* x *R. tianschanicus* seedlings accumulate less content of heavy metals than *Sinapis alba* seedlings. However, *Rumex patientia* x *R. tianschanicus* has 5–7 times greater underground mass and has 7–18 times greater root system at natural conditions. This allows using it as a phytoremediator plant due to large mass of bodies.

It was found that *Rumex patientia* x *R. tianschanicus* and *Sinapis alba* seedlings accumulate Copper, Lead and Cadmium. This allows using these plants on the polluted soils, and they could be recommended for planting along the highways for heavy metals accumulation.

Keywords: *Sinapis alba*, *Rumex patientia* L. x *R. tianschanicus* A. Los., heavy metals, rock dumps coal mines, gibberellin.

ВЛИЯНИЕ ГИББЕРЕЛЛИНА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН И НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОРОСТКАХ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ И ЩАВНАТА ПРИ РОСТЕ НА ЭКСТРАКТАХ СУБСТРАТОВ ПОРОДНОГО ОТВАЛА

С. П. Ващук¹, В. И. Баранов¹, Д. Б. Рахметов²

¹Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина

²Национальный ботанический сад им. Н. Н. Гришко, ул. Тимирязевская 1, Киев 01014, Украина
e-mail: sergijvaschuk@gmail.com

Изучено влияние гиббереллина на прорастание семян, морфометрические показатели проростков и накопление тяжелых металлов у семидневных проростков горчицы белой (*Sinapis alba* L.) и щавната (щавля гибридного) (*Rumex patientia* L. x *Rumex tianschanicus* A. Los.) на водных вытяжках из субстратов породного отвала угольных шахт. Показано, что проростки щавната оказались более устойчивыми к действию вытяжек, по сравнению с горчицей. Гиббереллин увеличивал или уменьшал поглощение отдельных тяжелых металлов растениями, изменяя свойства проростков к аккумуляции металлов. Хотя проростки щавната накапливали тяжелые металлы в меньшем количестве, чем горчицы белой, однако надземная масса щавната в естественных условиях преобладает надземную массу горчицы минимум в 5–7 раз, а масса корневой системы – в 7–18 раз, и это позволяет применять его как растение-фиторемедиатор благодаря большой массе органов. Выявлено, что проростки щавната и горчицы белой аккумулируют Купрум, Плюмбум и Кадмий, что позволяет использовать эти растения на техногенно загрязненных субстратах и для посадки вдоль автотрасс.

Ключевые слова: горчица белая (*Sinapis alba* L.), щавнат (*Rumex patientia* L. x *R. tianschanicus* A. Los.), тяжелые металлы, породный отвал угольных шахт, гиббереллин.

Одержано: 18.01.2013