

ФІТОТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ БОРОТЬБИ З АЛЕЛОПАТИЧНОЮ ҐРУНТОВТОМОЮ У МОНОКУЛЬТУРНИХ НАСАДЖЕННЯХ *SYRINGA VULGARIS* L.

Мета — проаналізувати вплив гірчиці сарептської (*Brassica juncea* (L.) Czern.) і тифону (*Brassica campestris* f. *biennis* DC. × *B. rapa* L.) як сидератів на фізіологічний стан рослин, алелопатичні та біохімічні характеристики ґрунту в умовах монокультури бузку звичайного (*Syringa vulgaris* L.).

Матеріал та методи. Сіяння бузку вирощували протягом 18 міс в умовах вегетаційного дослідів в посудинах із сірим лісовим ґрунтом після монокультури *S. vulgaris*. Біомасу гірчиці сарептської і тифону додавали у ґрунт спільно та окремо у різних концентраціях (2,5 та 5,0 % маси ґрунту). Визначали алелопатичну активність, редокс-потенціал, вміст фенолів і гумусу в ґрунті, концентрацію основних фотосинтетичних пігментів у листках та приріст сіянців.

Результати. Застосування сидератів сприяло посиленню гуміфікації, зниженню фітотоксичності ґрунту і вмісту фенольних сполук, оптимізації редокс-процесів, підвищенню концентрації хлорофілу та каротиноїдів у листках, стимулюванню росту сіянців. Виявлено формування адаптивних реакцій пігментного комплексу, спрямованих на стабілізацію фотосинтетичного апарату.

Висновок. Встановлено позитивний вплив сидератів, таких як гірчиця сарептська і тифон, на алелопатичні та біохімічні характеристики ґрунту, а також фізіологічний стан рослин *S. vulgaris* за умов алелопатичної ґрунтовтоми.

Ключові слова: *Syringa vulgaris* L., монокультура, *Brassica juncea* (L.) Czern., *Brassica campestris* f. *biennis* DC. × *B. rapa* L., алелопатична активність, феноли, гумус, редокс-потенціал, фотосинтетичні пігменти.

Монокультурний сад бузків Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка (НБС) НАН України згідно з розпорядженням Кабінету Міністрів України від 31 травня 2006 р. № 299-р отримав статус національного надбання, що підтверджує його значущість для збереження генетичного різноманіття цінних видів та сортів [13]. Колекційний фонд сортів бузку звичайного (*Syringa vulgaris* L.) НБС закордонної та вітчизняної селекції є одним із світових лідерів за асортиментом. До Державного реєстру сортів рослин України внесено сорти, створені в НБС, а саме: Леся Українка, Богдан Хмельницький, Вогні Донбасу і Тарас Бульба [4].

За допомогою моніторингових досліджень виявлено погіршення декоративного та фізіологічного стану рослин бузку за тривалого вирощування, а систематичне проведення агро-

технічних заходів не поліпшувало ситуацію [9]. Показано, що однією з причин ґрунтовтоми в сиригарії є акумуляція у прикореневому середовищі фітотоксинів з алелопатичними властивостями внаслідок біодеградації органічних решток, вилугування опадами тощо [7].

Сучасні фітотехнології широко використовують для вирішення низки нагальних екологічних проблем, таких як захист довкілля та відновлення деградованих екосистем [20]. Вони передбачають залучення рослинних ресурсів для: санації повітря від пилу і токсичних газів; усунення фітопатогенів та шкідників рослин; знешкодження важких металів, радіонуклідів та органічних забруднювачів у воді й ґрунтах; боротьби з опустелюванням, водною та вітровою ерозією; регенерації деградованих ґрунтів унаслідок нераціонального використання мінеральних добрив, забруднення пестицидами і продуктами нафтопереробки, видобутку корисних копалин, засолення та

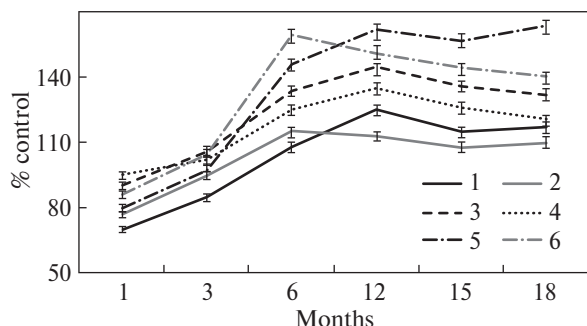


Рис. 1. Вплив сидератів на алелопатичну активність ґрунту в умовах монокультури *Syringa vulgaris* (біотест — приріст коренів *Lepidium sativum* L.), % щодо контролю: 1 — гірчиця сарептська (5,0 % маси ґрунту); 2 — гірчиця сарептська (2,5 %); 3 — тифон (5,0 %); 4 — тифон (2,5 %); 5 — гірчиця сарептська + тифон (5,0 %); 6 — гірчиця сарептська + тифон (2,5 %)

Fig. 1. Effect of green-manure on allelopathic activity of the soil under *Syringa vulgaris* monoculture (biotest — roots growth of *Lepidium sativum* L.), % control: 1 — brown mustard (5.0 % by soil weight); 2 — brown mustard (2.5 %); 3 — tyfon (5.0 %); 4 — tyfon (2.5 %); 5 — brown mustard + tyfon (5.0 %); 6 — brown mustard + tyfon (2.5 %)

закислення [1, 11, 17, 18, 20]. Важливим аспектом впровадження фітотехнологій є оптимізація характеристик ґрунтового середовища, спрямована на відтворення його родючості [11, 20].

Основними прийомами зазначених фітотехнологій є створення захисних лісосмуг, посіви фітосанітарних культур і рослин фітотеліорантів. Сидеральні рослини є потужним джерелом корисних поживних та біологічно активних сполук, які активізують ґрунтову мікробіоту, тобто ефективним засобом регулювання ґрунтових процесів і протидії ґрунтовотомі [11, 18]. Заслужують на увагу гірчиця сарептська (*Brassica juncea* (L.) Czern.) і тифон (*Brassica campestris* f. *biennis* DC. × *B. rapa* L.), які є малопоширеними в Україні, але зарекомендували себе як перспективні сидеральні культури завдяки цінним яkostям [11, 12].

Нашими попередніми експериментальними дослідженнями доведено доцільність застосування сидератів, зокрема з родини Brassicaceae, для зниження фітотоксичності ґрунту та поліпшення його біохімічних властивостей

після тривалого вирощування рослин *S. vulgaris* [8, 21]. Актуальним є подальший пошук найефективніших альтернативних сидеральних культур як засобу боротьби з алелопатичною ґрунтовамою *S. vulgaris*.

Мета роботи — проаналізувати вплив гірчиці сарептської і тифону як сидератів на фізіологічний стан рослин, алелопатичні та біохімічні характеристики ґрунту в умовах монокультури *S. vulgaris*.

Матеріал та методи

Сіяння *S. vulgaris*, котрі слугували як рослини-фітотетри, вирощували в умовах вегетаційного досліду [5]. У посудини, підготовлені належним чином, перед посадкою рослин додавали сірий лісовий ґрунт із-під монокультури *S. vulgaris* з ділянки сиригарію НБС НАН України разом із подрібненою свіжою біомасою сидератів за такою схемою: 1 — гірчиця сарептська (5,0 % маси ґрунту); 2 — гірчиця сарептська (2,5 %); 3 — тифон (5,0 % маси ґрунту); 4 — тифон (2,5 %); 5 — гірчиця сарептська + тифон (5,0 %); 6 — гірчиця сарептська + тифон (2,5 %); 7 — контроль (ґрунт сиригарію без сидератів). У варіантах з парними комбінаціями сидератів рослинну біомасу змішували у співвідношенні 1 : 1.

Дослідження проводили протягом 18 міс (2 вегетації). У кінці кожної вегетації (через 6 та 18 міс після внесення негуміфікованої органічної речовини) вимірювали приріст сіянців. Алелопатичну активність ґрунту оцінювали методом прямого біотестування [10]. У ґрунті аналізували вміст гумусу та фенольних речовин методом іонного обміну (десорбції), використовуючи іонообмінник КУ-2-8 (H⁺) як модель кореневої системи з розчинювальною і поглинальною здатністю щодо рухливих органічних сполук [3]. Окисно-відновний потенціал (ОВП, редокс-потенціал, Eh) визначали в суспензії, яка моделює ґрунтовий розчин при співвідношенні ґрунту до дистильованої води 1 : 1, потенціометричним методом [15, 19], вміст основних фотосинтетичних пігментів (хлорофілів *a*, *b* та каротиноїдів) у листках — спектрофотометрично [6].

Статистичну обробку даних проведено з використанням пакета програм Microsoft Excel 2007.

Результати та обговорення

Алелопатичний аналіз ґрунту через 1 міс після додавання сидеральної біомаси виявив наявність фітотоксичності 10—30 % щодо контролю, що зумовлено, ймовірно, поступовим вивільненням лабільних органічних сполук, вторинних метаболітів, які не були задіяні у гуміфікації або перебували на її початковому етапі (рис. 1). Така тенденція зберігалася для гірчиці сарептської (5,0 %) і через 3 міс. У процесі деструкції органічної біомаси застосованих сидератів установлено ріст-стимулювальний вплив на рослини-акцептори (8 — 63 % щодо контролю), який був найбільшим для таких варіантів: тифон (5,0 %) — 44 % через 12 міс,

гірчиця сарептська + тифон (5,0 %) — 63 % через 18 міс, гірчиця сарептська + тифон (2,5 %) — 59 % через 6 міс. Пік алелопатичної активності ґрунту з біомасою гірчиці сарептської (5,0 %) зафіксовано через 12 міс, що виявлялося стимулюванням росту біотестів на 25 % щодо контролю.

Біохімічний стан ґрунту аналізували за допомогою значень ОВП, який характеризує загальний перебіг ґрунтових редокс-процесів залежно від наявності органічної речовини, хімічного складу рослинних решток тощо [16]. Відзначено зниження рівня ОВП ґрунту в 1,1—1,6 разу порівняно з контролем через 1 міс після розкладу сидератів, що можна пояснити надходженням вільних органічних сполук (табл. 1). При цьому характер процесів був інтенсивно відновним, тоді як у контролі — помірно відновним.

Таблиця 1. Вплив сидератів на динаміку біохімічних характеристик ґрунту в умовах монокультури *Syringa vulgaris*
Table 1. Effect of green-manure on dynamics of soil biochemical characteristics under *Syringa vulgaris* monoculture

Місяць	Контроль	Гірчиця сарептська		Тифон		Гірчиця сарептська + тифон	
		5,0 %	2,5 %	5,0 %	2,5 %	5,0 %	2,5 %
ОВП, мВ							
1	220,0 ± 6,6	140,0 ± 4,2	165,0 ± 4,9	180,0 ± 5,4	200,0 ± 6,0	173,0 ± 5,2	192,0 ± 5,8
3	200,0 ± 6,0	185,0 ± 5,5	196,0 ± 5,9	215,0 ± 6,4	232,0 ± 6,7	210,0 ± 6,3	225,0 ± 6,7
6	180,0 ± 5,4	230,0 ± 6,9	250,0 ± 5,2	285,0 ± 8,5	270,0 ± 8,1	280,0 ± 8,4	297,0 ± 8,9
12	235,0 ± 7,0	300,0 ± 9,0	285,0 ± 7,5	330,0 ± 9,9	310,0 ± 9,3	350,0 ± 10,5	305,0 ± 9,1
15	210,0 ± 6,3	335,0 ± 10,0	320,0 ± 9,6	370,0 ± 11,1	342,0 ± 10,3	400,0 ± 12,0	385,0 ± 11,5
18	190,0 ± 5,7	344,0 ± 10,3	325,0 ± 9,7	362,0 ± 10,9	340,0 ± 10,2	431,0 ± 12,9	410,0 ± 12,3
Вміст фенольних сполук, мг/кг							
1	85,0 ± 2,5	121,2 ± 3,6	112,0 ± 3,4	98,3 ± 2,9	92,1 ± 2,8	115,0 ± 3,4	105,0 ± 3,1
3	96,1 ± 2,9	111,0 ± 3,3	105,1 ± 3,1	95,1 ± 2,8	90,2 ± 2,7	100,0 ± 3,0	93,3 ± 2,8
6	110,2 ± 3,3	96,1 ± 2,9	90,2 ± 2,7	75,1 ± 2,2	83,1 ± 2,5	71,0 ± 2,1	80,0 ± 2,4
12	95,3 ± 2,8	76,0 ± 2,3	82,0 ± 2,5	68,3 ± 2,0	75,2 ± 2,2	58,0 ± 1,7	65,1 ± 1,9
15	92,4 ± 2,8	67,2 ± 2,0	73,1 ± 2,2	56,0 ± 1,7	65,0 ± 1,9	42,0 ± 1,3	48,2 ± 1,4
18	102,0 ± 3,1	62,1 ± 1,9	70,3 ± 2,1	57,1 ± 1,7	60,2 ± 1,8	40,1 ± 1,2	50,0 ± 1,5
Вміст гумусу, %							
1	1,51 ± 0,04	1,60 ± 0,05	1,51 ± 0,04	1,70 ± 0,05	1,61 ± 0,05	1,71 ± 0,05	1,52 ± 0,05
3	1,71 ± 0,05	1,62 ± 0,05	1,71 ± 0,05	2,01 ± 0,06	1,81 ± 0,05	1,91 ± 0,06	1,73 ± 0,05
6	1,81 ± 0,05	1,93 ± 0,06	2,11 ± 0,06	2,40 ± 0,07	2,20 ± 0,07	2,51 ± 0,07	2,33 ± 0,07
12	1,60 ± 0,05	2,42 ± 0,07	2,20 ± 0,07	2,72 ± 0,08	2,51 ± 0,07	2,82 ± 0,08	2,61 ± 0,08
15	2,00 ± 0,06	2,71 ± 0,08	2,50 ± 0,07	3,01 ± 0,09	2,93 ± 0,09	3,51 ± 0,10	3,21 ± 0,10
18	1,90 ± 0,06	2,90 ± 0,09	2,60 ± 0,08	3,21 ± 0,10	2,72 ± 0,08	3,42 ± 0,10	3,11 ± 0,09

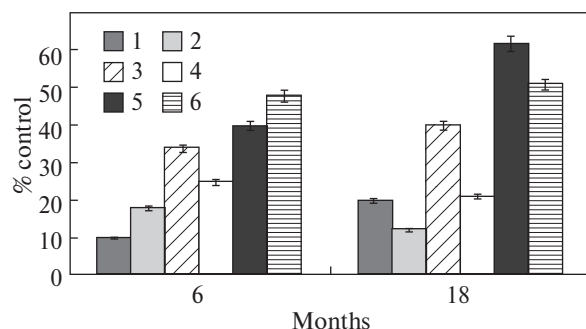


Рис. 2. Вплив сидератів на приріст сіянців в умовах монокультури *Syringа vulgaris*, % щодо контролю: 1 — гірчиця сарептська (5,0 % маси ґрунту); 2 — гірчиця сарептська (2,5 %); 3 — тифон (5,0 %); 4 — тифон (2,5 %); 5 — гірчиця сарептська + тифон (5,0 %); 6 — гірчиця сарептська + тифон (2,5 %)

Fig. 2. Effect of green-manure on the seedlings growth under *Syringа vulgaris* monoculture, % control: 1 — brown mustard (5.0 % by soil weight); 2 — brown mustard (2.5 %); 3 — tyfon (5.0 %); 4 — tyfon (2.5 %); 5 — brown mustard + tyfon (5.0 %); 6 — brown mustard + tyfon (2.5 %)

Через 3 міс значення ОВП наближалися до контрольного або незначною мірою перевищували його. Через 6 міс ОВП ґрунту з негуміфікованою органічною речовиною сидератів перевищував контроль у 1,3—1,6 разу, завдяки чому сформувалися стійкі помірно відновні умови.

Протягом другої вегетації відбувалося подальше стрімке зростання ОВП в 1,2—2,3 разу щодо контролю, що, ймовірно, вказує на посилення гумусотворних процесів. Причому характер редокс-процесів змінювався у бік слабо-відновних або окисних. У контролі впродовж усього експерименту переважали інтенсивно та помірно відновні процеси, котрі не є сприятливими для гуміфікації. Зі збільшенням строку компостування органічної біомаси відбувалося послаблення відновних процесів, про що свідчило підвищення величини ОВП порівняно з контролем. Максимальне зростання редокс-потенціалу вста-

Таблиця 2. Вплив сидератів на стан фотосинтетичного апарату сіянців *Syringа vulgaris*

Table 2. Effect of green-manure on the state of the photosynthetic apparatus of *Syringа vulgaris* seedlings

Варіант досліджу	Хлорофіл, мг/100 г сирій речовини				Каротиноїди, мг/100 г сирій речовини	$a + b /$ каротиноїди
	a	b	$a + b$	a / b		
Через 6 міс після внесення сидератів						
1	157,7 ± 4,7	97,5 ± 2,9	255,2 ± 7,6	1,62 ± 0,05	55,2 ± 1,6	4,62 ± 0,14
2	167,2 ± 5,0	103,0 ± 3,1	270,2 ± 8,1	1,62 ± 0,05	59,5 ± 1,8	4,54 ± 0,14
3	175,2 ± 5,2	120,0 ± 3,6	295,2 ± 8,8	1,46 ± 0,04	62,5 ± 1,9	4,72 ± 0,14
4	176,6 ± 5,3	108,4 ± 3,2	285,0 ± 8,5	1,63 ± 0,05	58,1 ± 1,7	4,90 ± 0,15
5	183,0 ± 5,5	127,0 ± 3,8	310,0 ± 9,3	1,44 ± 0,04	64,0 ± 1,9	4,84 ± 0,15
6	190,0 ± 5,7	113,0 ± 3,4	303,0 ± 9,1	1,68 ± 0,05	65,0 ± 1,9	4,66 ± 0,14
7	143,6 ± 4,3	75,0 ± 2,2	218,6 ± 6,5	1,91 ± 0,06	40,0 ± 1,2	5,46 ± 0,16
Через 18 міс після внесення сидератів						
1	170,2 ± 5,1	110,0 ± 3,3	280,2 ± 8,4	1,55 ± 0,05	64,0 ± 1,9	4,38 ± 0,13
2	155,3 ± 4,6	105,0 ± 3,1	260,3 ± 7,8	1,48 ± 0,04	56,0 ± 1,7	4,65 ± 0,14
3	200,0 ± 6,0	135,0 ± 4,0	335,0 ± 10,0	1,48 ± 0,04	69,0 ± 2,1	4,85 ± 0,14
4	181,0 ± 5,4	126,0 ± 3,8	307,0 ± 9,2	1,44 ± 0,04	65,0 ± 1,9	4,72 ± 0,14
5	221,0 ± 6,6	154,0 ± 4,6	375,0 ± 11,2	1,43 ± 0,04	72,9 ± 2,2	5,14 ± 0,15
6	206,0 ± 6,2	144,0 ± 4,3	350,0 ± 10,5	1,43 ± 0,03	69,8 ± 2,1	5,01 ± 0,15
7	145,2 ± 4,3	80,0 ± 2,4	225,2 ± 6,7	1,81 ± 0,05	40,0 ± 1,2	5,63 ± 0,17

Примітка: 1 — гірчиця сарептська (5,0 % маси ґрунту); 2 — гірчиця сарептська (2,5 %); 3 — тифон (5,0 % маси ґрунту); 4 — тифон (2,5 %); 5 — гірчиця сарептська + тифон (5,0 %); 6 — гірчиця сарептська + тифон (2,5 %); 7 — контроль (ґрунт сингарію без сидератів).

новлено через 18 міс після розкладу біомаси гірчиці сарептської спільно з тифоном в обох концентраціях і відповідало розвитку слабко-окисних процесів, які вважають цілком прийнятними для формування поживного режиму, росту та розвитку рослин.

Функціональна роль фенольних сполук ґрунту полягає не лише у залученні їх у гумусотворні процеси як попередників синтезу високомолекулярних гумусових речовин, а і в участі у хімічних взаємовпливах завдяки здатності їх рухливих форм виявляти алелопатичну активність [22]. Саме з ними пов'язують наявність ґрунтовтоми у багатьох випадках і зокрема у монокультурних насадженнях *S. vulgaris* [7, 22].

Вміст фенольних сполук у ґрунті зростав у 1,1—1,4 разу щодо контролю через 1 міс після внесення негуміфікованої органічної речовини (див. табл. 1).

Через 3 міс їх кількість залишалася підвищеною лише під впливом органічних решток гірчиці сарептської. Саме в ці періоди трансформації біомаси сидератів ґрунт набував найбільшої фітотоксичності. В подальшому концентрація фенолів знижувалася в 1,1—2,5 разу порівняно з контролем, причому найбільшою мірою — під впливом органічної біомаси гірчиці сарептської спільно з тифоном, що свідчить про їх активне залучення у процеси гуміфікації. Виявлено позитивний вплив фітомаси сидератів на підвищення вмісту гумусу в ґрунті в 1,1—1,8 разу порівняно з контролем переважно через 6—18 міс після їх деструкції (див. табл. 1).

Фізіологічний стан сіянців бузку оцінювали за вмістом основних фотосинтетичних пігментів. Установлено збільшення вмісту хлорофілів *a* та *b* у листках в 1,1—1,6 разу та каротиноїдів у 1,4—1,8 разу щодо контролю під час розкладання органічних решток (табл. 2). Хлорофіл *b* виявився чутливішим до впливу негуміфікованої органічної речовини, ніж хлорофіл *a*, що відбивалося на його акумуляції у листках. Так, вміст хлорофілу *b* зростав у 1,3—1,9 разу порівняно з контролем, тоді як хлорофілу *a* — в 1,1—1,4 разу. Під впливом

біомаси сидератів змінювався також компонентний склад пігментів, зростала частка каротиноїдів і хлорофілу *b*, про що свідчило зниження величини каротиноїдного коефіцієнта, а також співвідношення хлорофілів *a* та *b*. Таку перебудову в пігментному комплексі можна вважати формуванням захисної пристосувальної реакції у рослин-фітометрів під впливом негуміфікованої органічної речовини сидератів за умов алелопатичної ґрунтовтоми, адже відомо про адаптивну функцію каротиноїдів та зміну співвідношення різних форм хлорофілу [2, 14].

Оптимізація алелопатичних та біохімічних характеристик ґрунту, а також функціонування фотосинтетичного апарату досліджуваних рослин за дії негуміфікованої органічної речовини сидеральних культур сприяло стимулюванню ростових процесів сіянців бузку на 10—20 % порівняно з контролем для гірчиці сарептської, на 21—40 % — для тифону, на 40—62 % — для суміші гірчиця сарептська + тифон (рис. 2).

Висновки

За результатами проведених досліджень установлено позитивний вплив негуміфікованої органічної речовини сидеральних культур, таких як гірчиця сарептська і тифон, на алелопатичні та біохімічні характеристики ґрунту, а також фізіологічний стан рослин *S. vulgaris* в умовах алелопатичної ґрунтовтоми. Відзначено посилення гуміфікації, зниження фітотоксичності ґрунту та вмісту лабільних фенольних сполук, оптимізацію окисно-відновних процесів, підвищення концентрації хлорофілу та каротиноїдів у листках, стимулювання росту сіянців. Виявлено формування адаптивних реакцій пігментного комплексу, спрямованих на стабілізацію фотосинтетичного апарату. Застосування біомаси гірчиці сарептської спільно з тифоном виявилось більш ефективним, ніж окреме їх використання. Перспективним є застосування тифону для усунення наслідків алелопатичної ґрунтовтоми в монокультурних насадженнях *S. vulgaris*.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вашук С.П. Вплив гібереліну на проростання насіння і накопичення важких металів у проростках гірчиці білої та шавнату за росту на витяжках субстратів породного відвалу / С.П. Вашук, В.І. Баранов, Д.Б. Рахметов // Біологічні студії. — 2013. — Т. 7, № 1. — С. 97—104.
2. Гащишин В.Р. Адаптивні зміни пігментного комплексу рослин *Helianthus annuus* L. за дії іонів цинку і міді та регулятора росту трептолему / В.Р. Гащишин, О.І. Пацула, О.І. Терек // Наук. Вісник Ужгород. ун-ту. Сер. Біол. — 2012. — Вип. 32. — С. 186—191.
3. Гродзинский А.М. Руководство по применению биохимических методов в аллелопатических исследованиях почв / А.М. Гродзинский, С.А. Горобец, Л.И. Крупа. — К.: ЦРБС АН УССР, 1988. — 18 с.
4. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 рік. (Електронний ресурс). — Режим доступу: <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>
5. Казаков Є.О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин / Є.О. Казаков. — К.: Фітосоціоцентр, 2000. — 272 с.
6. Мусієнко М.М. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М.М. Мусієнко, Т.В. Паршикова, П.С. Славний. — К.: Фітосоціоцентр, 2001. — 200 с.
7. Павлюченко Н.А. Аллелопатичні особливості *Syringa vulgaris* L.: Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / Н.А. Павлюченко. — К., 2003. — 20 с.
8. Павлюченко Н.А. Оценка эффективности использования новых культур для стабилизации системы почва-растение в условиях аллелопатического последствия / Н.А. Павлюченко // Интродукция растений. — 2014. — № 3. — С. 92—98.
9. Проблемы многолетнего экспонирования *Syringa* L. в условиях монокультуры в Национальном ботаническом саду им. Н.Н. Гришко НАН Украины / Н. Довгалюк, Н.В. Заименко, Н.А. Павлюченко, В. Горб // Formation of Urban Green Areas. — 2016. — N 1 (13). — P. 84—89. (Електронний ресурс). — Режим доступу: http://krastotvarka.vhost.lt/research_activities/2016_10.pdf
10. Прямые методы биотестирования почвы и метаболитов микроорганизмов / А.М. Гродзинский, Е.Ю. Кострома, Т.С. Шроль, И.Г. Хохлова // Аллелопатия и продуктивность растений: Сб. науч. тр. — К.: Наук. думка, 1990. — С. 121—124.
11. Рахметов Д.Б. Науково інноваційний потенціал мобілізації та використання нових рослинних ресурсів / Д.Б. Рахметов // Вісн. НАН України. — 2017. — № 1. — С. 73—81. (Електронний ресурс). — Режим доступу: <https://doi.org/10.15407/vsn2017.01.073>
12. Рахметов Д.Б. Підсумки інтродукції та селекції тифону (*Brassica rapa* L. × *B. campestris* f. *biennis* DC.) у Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України / Д.Б. Рахметов, С.О. Рахметова // Ін-тродукція рослин. — 2015. — № 4. — С. 18—30.
13. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 31 травня 2006 р. № 299-р. (Електронний ресурс). — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/299-2006-%D1%80>
14. Терек О.І. Механізми адаптації рослин до нафтового забруднення / О.І. Терек // Біологічні студії. — 2018. — Т. 12, № 3—4. — С. 141—164. (Електронний ресурс). — Режим доступу: <https://doi.org/10.30970/sbi.1203.579>
15. Fiedler S. Soil redox potential: importance, field measurements and observations / S. Fiedler, M.J. Vepraskas, J.L. Richardson // Advanced in Agronomy. — 2007. — Vol. 94. — P. 1—54. Mode access: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(06\)94001-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(06)94001-2)
16. Husson O. Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganisms systems: a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy / O. Husson // Plant Soil. — 2013. — Vol. 362 (1—2). — P. 389—417. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1429-7>
17. Implementation of new technique for phyto- and chemical melioration of acidic and saline soils / N.V. Zaimenko, N.P. Didyk, N.E. Ellanska, B.O. Ivanytska, N.A. Pavluchenko, D.B. Rakhmetov, I.P. Kharytonova // Sci. innov. — 2016. — Vol. 12 (1). — P. 58—68. <https://doi.org/10.15407/scine12.01.058>
18. Kralova K. Plants for the future / K. Kralova, E. Masarovicova // Ecological Chemistry and Engineering. — 2006. — Vol. 13, N 11. — P. 1179—1207.
19. Labuda S.Z. Soil susceptibility on reduction as an index of soil properties applied in the investigation upon soil devastation / S.Z. Labuda, A.A. Vetchinnikov // Ecological Chemistry and Engineering S. — 2011. — Vol. 18 (3). — P. 333—344.
20. Oleksińska Z. Plants on duty — phytotechnologies and phytoremediation at a glance / Z. Oleksińska // Folia Biologica et Oecologica. — 2015. — Vol. 11 (1). — P. 23—29. <https://doi.org/10.1515/fobio-2015-0004>
21. Pavliuchenko N.A. Physiological and biochemical parameters of soil-plant system under allelopathic stress: diagnostic analysis and control / N.A. Pavliuchenko // Ін-тродукція рослин. — 2015. — № 3 (67). — С. 94—100.
22. Phenolics and plant allelopathy / Z.-H. Li, Q. Wang, X. Ruan, C.-D. Pan, D.-A. Jiang // Molecules. — 2010. — Vol. 15 (12). — P. 8933—8952. <https://doi.org/10.3390/molecules15128933>

Рекомендували Д.Б. Рахметов,
Н.Я. Левчик
Надійшла 22.01.2019

REFERENCES

1. Vashchuk, S., Baranov, V. and Rakhmetov, D. (2013), Vplyv giberelinu na prorostannya nasinnja i nakopychen- nja vazhkyh metaliv u prorostkah girchyci biloi ta shhavnatu za rostu na vytjazhkah substrativ porodnogo vidvalu [Effect of gibberellin on seed germination and heavy metals accumulation in seedlings of *Sinapis alba* and *Rumex patientia* × *R. tianschanicus* under growth on substrate extracts of rock dumps]. Biologichni studii [Studia Biologica], vol. 7, N 1, pp. 97—104.
2. Hashchyshyn, V.R., Patsula, O.I. and Terek, O.I. (2012), Adaptivni zminy pigmentnogo kompleksu roslin *Helianthus annuus* L. za dii ioniv cynku i midi ta reguljato- ra rostu treptolemu [Adaptive changes of pigment com- plex of *Helianthus annuus* L. plants under influence of zinc and copper ions and growth regulator Treptolem]. Nauk. Visnyk Uzhgorod. un-tu. Ser. Biol [Sci. Bull. Uzh- gorod Univ. Ser. Biol.], vol. 32, pp. 186—191.
3. Grodzinskij, A.M., Gorobec, S.A. and Krupa, L.I. (1988), Rukovodstvo po primeneniju biohimicheskikh metodov v allelopaticeskikh issledovanijah pochv [Guidance on the application of biochemical methods in allelopathic studies of soil]. Kyiv, CRBS AN USSR, 18 p.
4. Derzhavnyj rejestr sortiv roslin, prydatnyh dlja poshy- rennja v Ukraїni na 2019 rik [State Register of plant varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2019]. <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin>
5. Kazakov, Je.O. (2000), Metodologichni osnovy posta- novky eksperymentu z fiziologii roslin [Methodologi- cal basis of the experiment on plant physiology]. Kyiv, Fitosociocentr, 272 p.
6. Musijenko, M.M., Parshykova, T.V. and Slavnyj, P.S. (2001), Spektrofotometrychni metody v praktyci fizi-ologii, biohimii ta ekologii roslin [Spectrophotometric methods in practice physiology, biochemistry and eco-logy of plants]. Kyiv, Fitosociocentr, 200 p.
7. Pavliuchenko, N.A. (2003), Alelopatychni osoblyvosti *Syringa vulgaris* L.: Avtoref. dys. na zdobuttja nauk. stupenja kand. biol. nauk: spec. 03.00.12 “Fiziologija roslin” [Allelopathic features of *Syringa vulgaris* L.: thesis for PhD degree (biological sciences): speciality 03.00.12 “Plant physiology”]. Kyiv, 20 p.
8. Pavliuchenko, N.A. (2014), Ocenka jeffektivnosti ispo- lzovanija novyh kultur dlja stabilizacii sistemy pochva- rastenie v uslovijah allelopaticeskogo posledejstvija [Estimation of efficacy of use of new crops for stabili- zation of soil—plant system under allelopathic post- action conditions]. Introdukcija roslin [Plant Introduc- tion], N 3, pp. 92—98.
9. Dovgaliuk, N., Zaimenko, N.V., Pavliuchenko, N.A. and Gorb, V. (2016), Problemy mnogoletnego jeksponiro- vanija *Syringa* L. v uslovijah monokultury v Nacionalnom botanicheskom sadu im. N.N. Grishko NAN Ukrainy [Problems of long-term exhibit of *Syringa* L. in a mono- culture in the M.M. Gryshko National Botanical Gar- den of NAS in Ukraine]. Formation of Urban Green Areas, 1 (13), pp. 84—89. http://krastotvarka.vhost.lt/research_activities/2016_10.pdf
10. Grodzinskij, A.M., Kostroma, E.Ju., Shrol, T.S. and Hoh-lova, I.G. (1990), Prjamye metody biotestirovanija pochvy i metabolitov mikroorganizmov [Direct bioassay methods of soil and microorganisms metabolites]. Alle- lopatija i produktivnost' rastenij: Sb. nauch. tr. [Alle- lopathy and plant productivity: Collection of scientific papers]. Kyiv, Nauk. dumka, pp. 121—124.
11. Rakhmetov, D.B. (2017), Naukovo innovacijnyj poten- cial mobilizacii ta vykorystannja novyh roslinnyh resursiv [Research and innovative potential for mobili- zation and application of new plant resources]. Visn. NAN Ukrainy [Visn. Nac. Acad. Nauk Ukr.], N 1, pp. 73—81. <https://doi.org/10.15407/visn2017.01.073>
12. Rakhmetov, D.B. and Rakhmetova, S.O. (2015), Pidsumky introdukcii ta selekcii tyfonu (*Brassica rapa* L. × *B. campestris* f. *biennis* DC.) u Nacionalnomu botanichnomu sadu im. M.M. Gryshka NAN Ukrainy [Summary of introduction and breeding of tyfon (*Brassica rapa* L. × *B. campestris* f. *biennis* DC.) in M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine]. Introdukcija roslin [Plant Introduction], N 4, pp. 18—30.
13. Rozporjadzhennja Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 31 travnja 2006 r. № 299-r. [Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 31, 2006 No. 299-p]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/299-2006-%D1%80>
14. Terek, O.I. (2018), Mehanizmy adaptacii roslin do naf- toвого забруднення [Mechanisms of plant adaptation to oil pollution]. Biologichni studii [Studia Biologica], vol. 12, N 3—4, pp. 141—164. <https://doi.org/10.30970/sbi.1203.579>
15. Fiedler, S., Vepraskas, M.J. and Richardson, J.L. (2007), Soil redox potential: importance, field measurements and observations. Advanced in Agronomy, vol. 94, pp. 1—54. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(06\)94001-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(06)94001-2)
16. Husson, O. (2013), Redox potential (Eh) and pH as driv- ers of soil/plant/microorganisms systems: a transdiscipli- nary overview pointing to integrative opportunities for agronomy. Plant Soil, vol. 362 (1—2), pp. 389—417. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1429-7>
17. Zaimenko, N.V., Didyk, N.P., Ellanska, N.E., Ivanyts-ka, B.O., Pavliuchenko, N.A., Rakhmetov, D.B., and Kharytonova, I.P. (2016), Implementation of new tech- nique for phyto- and chemical melioration of acidic and saline soils. Sci. innov., vol. 12 (1), pp. 58—68. <https://doi.org/10.15407/scine12.01.058>
18. Kralova, K. and Masarovicova, E. (2006), Plants for the future. Ecological Chemistry and Engineering, vol. 13, N 11, pp. 1179—1207.
19. Labuda, S.Z. and Vetchinnikov, A.A. (2011), Soil sus- ceptibility on reduction as an index of soil properties applied in the investigation upon soil devastation.

- Ecological Chemistry and Engineering S, vol. 18 (3), pp. 333–344.
20. Oleksińska, Z. (2015), Plants on duty — phytotechnologies and phytoremediation at a glance. *Folia Biologica et Oecologica*, vol. 11 (1), pp. 23–29. <https://doi.org/10.1515/fobio-2015-0004>
21. Pavliuchenko, N.A. (2015), Physiological and biochemical parameters of soil-plant system under allelopathic stress: diagnostic analysis and control. *Introdukcija roslyn* [Plant Introduction], N 3 (67), pp. 94–100.
22. Li, Z.-H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C.-D. and Jiang, D.-A. (2010), Phenolics and plant allelopathy. *Molecules*, vol. 15 (12), pp. 8933–8952. <https://doi.org/10.3390/molecules15128933>

Recommended by D.B. Rakhmetov,
N.Ya. Levchuk
Received 22.01.2019

Н.А. Павлюченко, Н.И. Довгалиук

Национальный ботанический сад
имени Н.Н. Гришко НАН Украины,
Украина, г. Киев

ФИТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БОРЬБЫ С АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИМ ПОЧВОУТОМЛЕНИЕМ В МОНОКУЛЬТУРНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ *SYRINGA VULGARIS* L.

Цель — проанализировать влияние горчицы сарептской (*Brassica juncea* (L.) Czern.) и тифона (*Brassica campestris* f. *biennis* DC. × *B. rapa* L.) в качестве сидератов на физиологическое состояние растений, аллелопатические и биохимические характеристики почвы в условиях монокультуры сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.).

Материал и методы. Сеянцы сирени выращивали в течение 18 мес в условиях вегетационного опыта в сосудах с серой лесной почвой после монокультуры *S. vulgaris*. Биомассу горчицы сарептской и тифона добавляли в почву совместно и по отдельности в разных концентрациях (2,5 и 5,0 % массы почвы). Определяли аллелопатическую активность, редокс-потенциал, содержание фенолов и гумуса в почве, концентрацию основных фотосинтетических пигментов в листьях и проростков сеянцев.

Результаты. Применение сидератов способствовало усилению гумификации, снижению фитотоксичности почвы и содержания фенольных соединений, оптимизации редокс-процессов, повышению концентрации хлорофилла и каротиноидов в листьях, стимулированию роста сеянцев. Выявлено формирование адаптивных реакций пигментного комплекса, направленных на стабилизацию фотосинтетического аппарата.

Вывод. Установлено положительное влияние сидератов, таких как горчица сарептская и тифон, на аллелопатические и биохимические характеристики почвы, а также физиологическое состояние растений *S. vulgaris* в условиях аллелопатического почвоутомления.

Ключевые слова: *Syringa vulgaris* L., монокультура, *Brassica juncea* (L.) Czern., *Brassica campestris* f. *biennis* DC. × *B. rapa* L., аллелопатическая активность, фенолы, гумус, редокс-потенциал, фотосинтетические пигменты.

N.A. Pavliuchenko, N.I. Dovhaliuk

M.M. Gryshko National Botanical Garden,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kyiv

PHYTOTECNOLOGICAL FOUNDATIONS OF FIGHTING WITH ALLELOPATHIC SOIL SICKNESS IN *SYRINGA VULGARIS* L. MONOCULTURAL PLANTINGS

Objective — to analyze the effect of brown mustard (*Brassica juncea* (L.) Czern.) and tyfon (*Brassica campestris* f. *biennis* DC. × *B. rapa* L.) as green-manure on the physiological state of plants, allelopathic and biochemical characteristics of the soil in monoculture conditions of lilac (*Syringa vulgaris* L.).

Material and methods. Seedlings of lilac were grown for 18 months under greenhouse conditions in pots with gray forest soil after monoculture of *S. vulgaris*. Biomass of brown mustard and tyfon was added to the soil jointly and separately in different concentrations (2.5 and 5.0 % by soil weight). The allelopathic activity, redox potential, the content of phenolic compounds and humus in soil, the concentration of the main photosynthetic pigments in leaves and seedlings growth were determined.

Results. Application of green-manure contributed to increased humification, reduced soil phytotoxicity and the content of phenolic compounds, optimization of redox processes, increased chlorophyll and carotenoids concentrations in the leaves, and stimulation of seedlings growth. The formation of adaptive reactions of the pigment complex aimed at stabilizing the photosynthetic apparatus was found.

Conclusion. The positive influence of brown mustard and tyfon as green-manure on the allelopathic and biochemical characteristics of the soil, as well as the physiological state of *S. vulgaris* plants in the conditions of the allelopathic soil sickness was established.

Key words: *Syringa vulgaris* L., monoculture, *Brassica juncea* (L.) Czern., *Brassica campestris* f. *biennis* DC. × *B. rapa* L., allelopathic activity, phenolic compounds, humus, redox potential, photosynthetic pigments.