

## **ВПЛИВ КРЕМНІЄВМІСНИХ МІНЕРАЛІВ І СУМІШЕЙ НА ЇХ ОСНОВІ НА АЛЕЛОПАТИЧНИЙ РЕЖИМ ПРИКОРЕНЕВОГО ҐРУНТУ ПІД 30-РІЧНИМИ НАСАДЖЕННЯМИ ЯБЛУНІ ТА ПЕРСИКА**

***Мета** — дослідити вплив внесення кремнієвмісних мінералів і органо-мінеральних сумішей на їх основі на поліпшення аделопатичного режиму прикореневого ґрунту під 30-річними насадженнями яблуні та персика в модельних лабораторних експериментах.*

***Матеріал та методи.** Об'єкт досліджень — ґрунт кореневмісного шару, відібраний із-під 30-річних дерев яблуні та персика з колекції Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України у фазу набубнявіння бруньок. Кремнієвмісні мінерали і суміші на їх основі вносили в концентрації 1 : 1000 та інкубували в ґрунті впродовж 5 міс. Перед закладанням дослідів визначали вміст біогенних елементів, гумусу та реакцію ґрунтового розчину. Протягом періоду інкубації кожні 2 тиж визначали аделопатичну активність ґрунту методом прямого біотестування. Вміст вільних фенольних сполук у ґрунтовому розчині аналізували через 14 та 104 доби після початку дослідів. Статистичний аналіз проводили за допомогою програм Statistica 10.0 і Microsoft Excel 7.0.*

***Результати.** Встановлено, що всі досліджені мінерали і суміші на їх основі сприяли зниженню фітотоксичності ґрунту та вмісту вільних фенольних сполук у ґрунтовому розчині. Діапазон ефекту прямо пропорційно корелював з тривалістю інкубації у ґрунті. Суміш верхового торфу з трепелом у співвідношенні 70 : 30 була найефективнішою щодо поліпшення аделопатичного режиму ґрунту з-під старих насаджень яблуні та персика.*

***Висновок.** Показано перспективність застосування кремнієвмісних мінералів у суміші з торфом та сапропелем для подолання аделопатичної ґрунтової в 30-річних насадженнях яблуні та персика.*

**Ключові слова:** кремнієвмісні мінерали, органічні добрива, яблуня, персик, прикореневий ґрунт, аделопатична ґрунтовома.

Відомо, що при підсаджуванні саджанців пло-дових культур на місце видалення старих де-рев у садах спостерігається пригнічення їх росту. У молодих рослин сповільнюються про-цеси росту і розвитку, погіршуються врожай-ність та якість продукції. Причиною цього є ґрунтовома — комплексне явище, зумовле-не погіршенням фітосанітарних властивостей ґрунту, нагромадженням патогенних і фіто-токсичних мікроорганізмів, токсичних адело-патично активних сполук, зниженням інтен-сивності мінералізаційних процесів та вмісту доступних поживних речовин. Ґрунтовома особливо негативно впливає на ріст молодих дерев у перші п'ять років і може тривати 30—40 років залежно від виду плодових дерев та густоти попередніх насаджень [4, 8].

Зростання фітотоксичності ґрунту при три-валому культивуванні яблуні та персика по-в'язують з накопиченням аделопатично ак-тивних речовин фенольної природи (продук-тів деструкції решток коренів і листків), які стимулюють розвиток фітопатогенів та мікро-міцетів, котрі продукують фітотоксини і при-гнічують агрономічно корисні мікроорганізми. Внаслідок цього також погіршується струк-тура ґрунту та зменшується доступність основ-них макроелементів [4, 8].

Установлено, що вміст аделопатично актив-них речовин фенольної природи (флоризину, фенольних кислот, ванільного альдегіду) у при-кореневому ґрунті під яблунею значною мірою залежить від фенологічної фази, типу ґрунту та глибини відбору зразків [7]. С. Yin зі співавт. до-слідили сезонну та річну динаміку розподілу фе-нолкарбонових кислот у прикореневому ґрунті

в трьох старих яблуневих садах Китаю. Сезонна динаміка характеризувалася осіннім максимумом накопичення алелопатично активних сполук у горизонті ґрунту 30—60 см. Для щорічної динаміки було характерним збільшення вмісту фенольних алелопатично активних речовин [7]. Установлено також, що під впливом корневих виділень яблуні у ризосфері формується певний склад мікроорганізмів, які синтезують фітотоксичні речовини, котрі пригнічують ріст проростків яблуні та інших фруктових дерев [8]. Негативний вплив корневих виділень яблуні на механічний склад та агрохімічні характеристики ґрунту (вилужений чорнозем) виявлено в роботі В.Л. Захарова [3].

Фітотоксичність корневих виділень і продуктів деструкції опадів персика також пов'язують з високим вмістом фенольних кислот, катехіну, амігдаліну та продуктами розкладу останнього — синильною кислотою та бензальдегідом [6]. Установлено, що вміст зазначених сполук у коренях у 100 разів перевищував їх концентрацію у надземних частинах рослин персика [6].

Нині, ґрунтовода в насадженнях плодкових рослин є глобальною проблемою, оскільки вона спричиняє величезні економічні збитки для виробників фруктової продукції та суттєво обмежує розвиток виробництва фруктів [6]. Традиційними прийомами зменшення ґрунтовода є промивання ґрунтів ЕДТО, внесення органічних добрив, мікробіологічних препаратів, застосування рослин-фітосанітарів та колонізація арбускулярною мікоризою. П.А. Мороз [4] для рекультивації ґрунту під старими плодovими деревами рекомендує навесні під покрив зернових висівати конюшину або люцерну на 2 роки. На 4-й рік вирощувати сидерати — люпин, сераделлу чи рапс або застосовувати тривалу (до 10 років) трансформацію фітоценозів за схемою: сад—поле—луки—сад або сад—лісові культури—сад. На думку автора, це сприяє накопиченню в ґрунті органічної речовини, яка активізує мікробіологічні процеси та поліпшує мікробіологічний і алелопатичний режими. Ззна-

чені прийоми потребують великих фінансових витрат або тривалого часу для досягнення позитивного ефекту. Тому актуальним є пошук нових ефективніших, економічно рентабельних та екологічно безпечних методів подолання ґрунтовода в плодovих садах.

Мета — дослідити вплив внесення кремнієвмісних мінералів та органо-мінеральних сумішей на їх основі на поліпшення алелопатичного режиму прикореневого ґрунту під 30-річними насадженнями яблуні та персика в модельних лабораторних експериментах.

### Матеріал та методи

Об'єкт досліджень — ґрунт кореневмісного шару (30—50 см завглибшки) з-під 30-річних дерев яблуні (*Malus domestica* Borkh., 'Слава победителям') та персика (*Persica vulgaris* Mill., 'Дружба') з колекцій Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України, кремнієвмісні мінерали (анальцим, трепел, силікат калію) та їх суміші з органічними добривами (верховий торф, сапропель).

**Вміст елементів мінерального живлення (мг/л ґрунту), гумусу (%), вільних фенольних сполук (мг/кг ґрунту) і рН ґрунту під 30-річними насадженнями яблуні та персика**

**The content of mineral nutrients (mg/l of soil), humus (%), free phenolic compounds (mg/kg of soil) and pH soil under 30-year-old apple and peach plantations**

Показники	Фітотоксичні дози	Яблуна	Персик
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	—	194,7	31,7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	—	7,5	3,8
P	—	163,5	172,4
K	—	382,5	447,0
Ca	—	5831,0	2165,0
Mg	—	518,2	263,8
Fe	>300	258,5	375,0
S	—	77,4	49,2
Mn	>150	179,4	115,6
pH	—	7,21	6,9
C%	—	2,05	2,96
Вільні фенольні сполуки	>15—20	120,0	140,0

Зразки ґрунту відбирали навесні у фазу набубнявіння бруньок у дерев яблуні та персика. Ґрунт просушували, просіювали через 2-міліметрове сито та поміщали в пластикові вегетаційні посудини об'ємом 1 л. Кремнієвмісні мінерали та їх суміші вносили у співвідношенні 1 : 1000 (до маси ґрунту) і ретельно перемішували.

Досліджували природні кремнієвмісні мінерали — анальцим, трепел, силікат калію і суміші: сапропель + трепел + анальцим (90 : 7 : 3), силікат калію + сапропель + анальцим + трепел (25 : 10 : 15 : 50), трепел + анальцим (70 : 30), верховий торф + трепел (70 : 30). Мінерали та органо-мінеральні суміші інкубували впродовж 5 міс за температури 20—27 °С, відносної вологості повітря 60—75 %, розсіяного сонячного освітлення. Вологість ґрунту підтримували на рівні 60 % повної фізичної вологоємності. Перед закладанням дослідів визначали вміст біогенних елементів, гумусу та реакцію ґрунтового розчину.

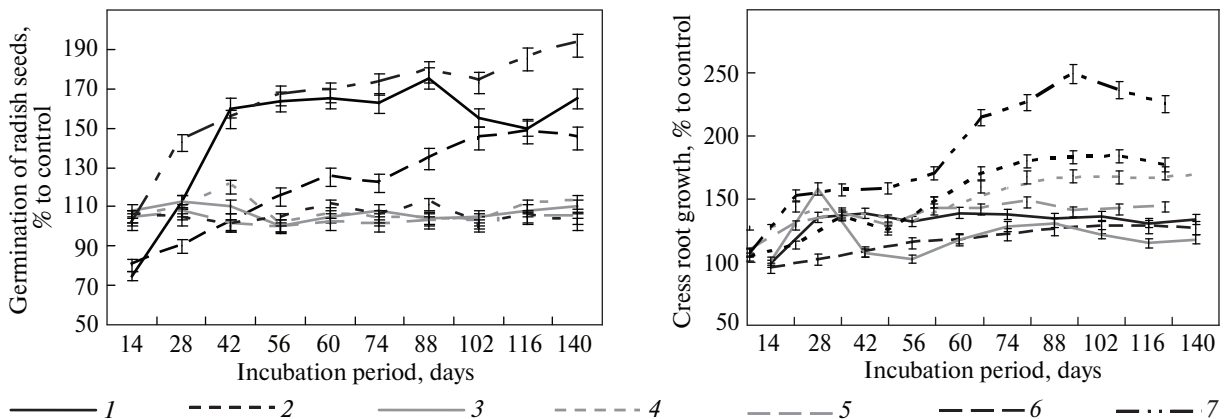
Через кожні 2 тиж після початку експерименту оцінювали аделопатичну активність ґрунту методом прямого біотестування [5] на

прирості коренів крес-салату (*Lepidium sativum* L.) та схожості насіння редису (*Raphanus sativus* L., 'Красный с белым кончиком'). Контролем був ґрунт кореневмісного шару з-під яблуні та персика, в який нічого не вносили, але витримували за тих же умов вологості та освітлення, що й решту варіантів. Вміст вільних фенольних сполук у ґрунті аналізували через 14 та 104 доби після закладки дослідів за методикою [2]. Повторність варіантів — 4-разова, повторення експериментів — 3-разове.

Статистичний аналіз проводили методами одновимірної описової статистики за допомогою пакета програм Statistica 10.0 та Microsoft Excel 7.0.

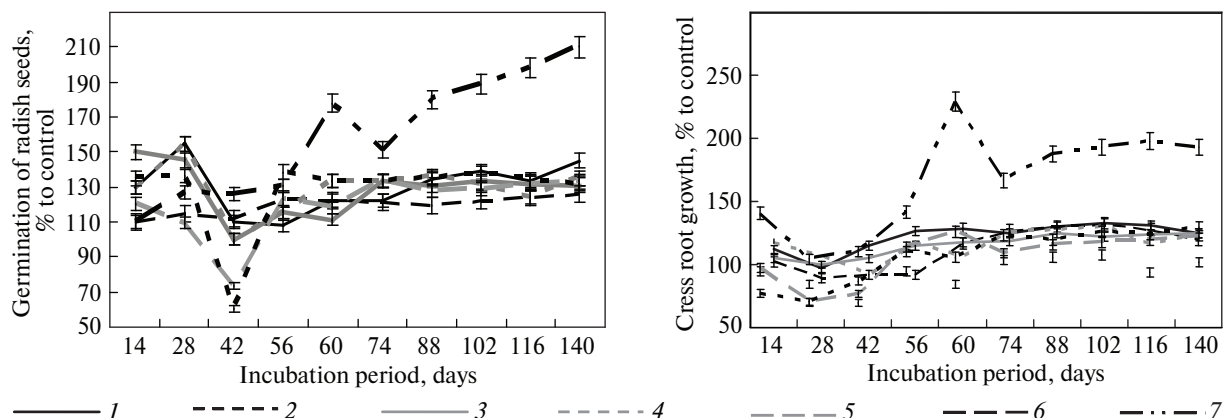
### Результати та обговорення

Аналіз вмісту біогенних елементів у ґрунті з-під 30-річних дерев яблуні та персика перед закладкою вегетаційних дослідів показав, що вміст мангану в прикореновому ґрунті під яблунею на 20 % вище за поріг фітотоксичності цього металу в ґрунтовому розчині [1]. Вміст заліза в ґрунті під персиком перевищував поріг фітотоксичності цього елементу в ґрунтовому розчині [1] (таблиця).



**Рис. 1.** Вплив внесення кремнієвмісних мінералів та органо-мінеральних сумішей на фітотоксичність ґрунту з-під 30-річних насаджень яблуні: контроль — ґрунт із-під яблуні без внесення хімічних меліорантів; 1 — анальцим; 2 — трепел; 3 —  $K_2SiO_3$ ; 4 — сапропель + трепел + анальцим; 5 — силікат калію + сапропель + анальцим + трепел; 6 — трепел + анальцим; 7 — верховий торф + трепел. Вертикальні планки — стандартна похибка

**Fig. 1.** The effect of application of siliceous minerals and organo-mineral mixtures on phytotoxicity of soil under 30-year apple plantations: control — soil under the apple tree without the addition of chemical meliorants; 1 — analcrite; 2 — tripoli; 3 —  $K_2SiO_3$ ; 4 — sapropel + tripoli + analcrite; 5 — potassium silicate + sapropel + analcrite + tripoli; 6 — tripoli + analcrite; 7 — upland peat + tripoli. Vertical bars — standard error



**Рис. 2.** Вплив внесення кремнієвмісних мінералів та органо-мінеральних сумішей на фітотоксичність ґрунту із-під 30-річних насаджень персика: контроль — ґрунт із-під персика без внесення хімічних меліорантів; 1 — анальцим; 2 — трепел; 3 — K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>; 4 — сапропель + трепел + анальцим; 5 — силікат калію + сапропель + анальцим + трепел; 6 — трепел + анальцим; 7 — верховий торф + трепел. Вертикальні планки — стандартна похибка

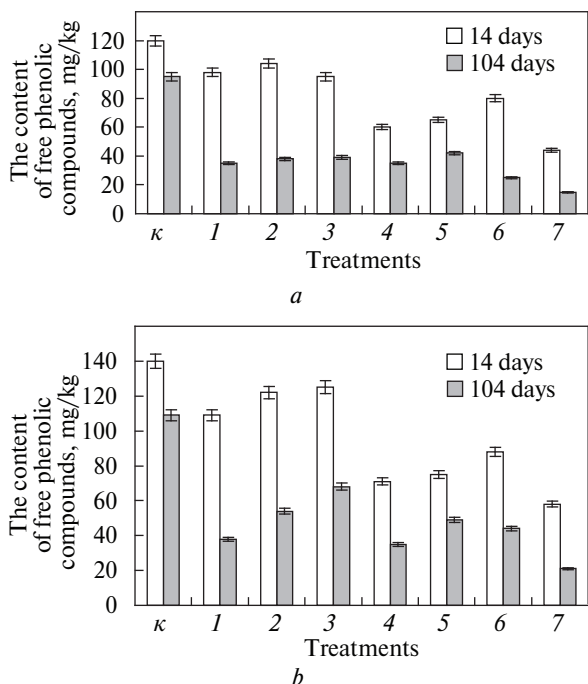
**Fig. 2.** The effect of application of siliceous minerals and organo-mineral mixtures on phytotoxicity of soil under 30-year peach plantations: control — soil under the peach tree without the addition of chemical meliorants; 1 — analcite; 2 — tripoli; 3 — K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>; 4 — sapropel + tripoli + analcite; 5 — potassium silicate + sapropel + analcite + tripoli; 6 — tripoli + analcite; 7 — upland peat + tripoli. Vertical bars — standard error

Вміст вільних фенольних алопатично активних сполук у досліджених зразках ґрунту майже на порядок перевищував поріг фітотоксичності цих речовин [9]. Очевидно, фітотоксичність досліджених зразків ґрунту зумовлена переважно акумуляцією вільних фенольних сполук. З огляду на здатність фенольних кислот утворювати хелатні комплекси з металами, і таким чином затримувати їх у ґрунтового середовищі, токсичний ефект надлишкових концентрацій мангану та заліза був суттєвим.

Внесення кремнієвмісних мінералів та їх сумішей у ґрунт сприяло зниженню його фітотоксичності (рис. 1 та 2). Ефективність сумішей зазвичай зростала у міру збільшення періоду інкубації їх у ґрунті. Найбільше знижувала фітотоксичність ґрунту під старими насадженнями яблуні та персика суміш трепелу з верховим торфом. Друге місце посідав анальцим. Проте позитивний ефект після внесення анальциму виявлявся дещо повільніше порівняно з іншими дослідженими меліорантами. На початку інкубації фітотоксичність ґрунту несуттєво зростала після внесення анальциму. Очевидно, це пов'язано з тим, що екзогенний анальцим стимулює погли-

нальну здатність коренів тест-об'єктів зокрема до фітотоксичних речовин, які містилися в дослідженому ґрунті. Впродовж місяця після внесення цього кремнієвмісного мінералу відбувалися певні зміни біохімічного режиму середовища ґрунту, наслідком яких було стабільне зниження його фітотоксичності. Цей висновок було підтверджено аналізом вмісту вільних фенольних сполук у ґрунтового розчині (рис. 3).

Суміші кремнієвмісних мінералів з органічними добривами значно ефективніше сприяли зниженню вмісту вільних фенольних сполук у дослідженому ґрунті порівняно з мінералами. Найбільш ефективною була суміш верхового торфу з трепелом. Внесення цієї суміші у ґрунт із-під яблуні та персика знижувало вміст вільних фенольних сполук у ґрунтового розчині в 2,5—2,7 рази вже після 2 тиж інкубації та в 5—7 разів після інкубації впродовж 3,5 міс. Ефективність суміші торфу з трепелом зумовлена, з одного боку, високими адсорбційними властивостями цих природних матеріалів, а з іншого — їх впливом на буферні властивості та здатність ґрунту до само-відновлення.



**Рис. 3.** Вплив внесення кремнієвмісних мінералів та їх сумішей з органічним матеріалом у ґрунт із-під 30-річних насаджень яблуни (а) та персика (б) на вміст вільних фенольних сполук: к — контроль (ґрунт без домішок); 1 — анальцим; 2 — трепел; 3 —  $K_2SiO_3$ ; 4 — сапропель + трепел + анальцим; 5 — силікат калію + сапропель + анальцим + трепел; 6 — трепел + анальцим; 7 — верховий торф + трепел. Вертикальні планки — стандартна похибка

**Fig. 3.** The effect of application of siliceous minerals and organo-mineral mixtures on the content of free phenolics in soil from under 30-year apple (a) and peach (b) plantations: k — control, soil without the addition of chemical meliorants; 1 — analcite; 2 — tripoli; 3 —  $K_2SiO_3$ ; 4 — spropel + tripoli + analcite; 5 — potassium silicate + spropel + analcite + tripoli; 6 — tripoli + analcite; 7 — upland peat + tripoli. Vertical bars — standard error

### Висновки

Отримані нами результати підтвердили здатність кремнієвмісних мінералів, а також їх сумішей з органічними добривами (зокрема з торфом та сапропелем) зв'язувати фітотоксичні речовини, завдяки чому зменшувався негативний вплив останніх на рослини. Встановлено, що у суміші з органічними добривами ефективність кремнієвмісних мінералів щодо подолання ґрунтовтоми значно зростає.

На нашу думку, перспективними є подальші дослідження суміші верхового торфу з трепелом (у співвідношенні 70 : 30) для розробки технології подолання ґрунтовтоми в старих плодових насадженнях.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Битюцкий Н. Минеральное питание растений / Н. Битюцкий. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. ун-т, 2014. — 540 с.
2. Грахов В.П. Аллелопатическая функция фенольных соединений персика / В.П. Грахов: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12. — К., 1991. — 160 с.
3. Захаров В.Л. Влияние почвенных условий тамбовской равнины на рост и плодоношение различных сортов яблони / В.Л. Захаров: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук, спец. 06.01.03 — агропочвоведение, агрофизика. — Воронеж, 2004. — 28 р.
4. Мороз П.А. Аллелопатия в плодовых садах / П.А. Мороз. — К.: Наук. думка, 1990. — 208 с.
5. Прямые методы биотестирования почвы и метаболитов микроорганизмов / А.М. Гродзинский, Е.Ю. Кострома, Т.С. Шроль, И.Г. Хохлова // Аллелопатия и продуктивность растений. — К.: Наук. думка, 1990. — С. 121—124.
6. Analysis of allelochemicals in extracts from peach and their effects on growth of *Amygdalus persica* seedlings / Z. Liu, X. Wang, H. Ma, Y. Qi // Acta Hort. (ISHS). — 2008. — Vol. 774. — P. 113—120.
7. How to plant apple trees to reduce replant disease in apple orchard: a study on the phenolic acid of the replanted apple orchard / C. Yin, L. Xiang, G. Wang, Y. Wang, X. Shen, et al. // PLoS One. — 2016. — Vol. 11, N 12. — P. 1—17.
8. Politycka B. Release of phenolic compounds from apple residues decomposing in soil and the influence of temperature on their degradation / B. Politycka, D. Adamaska // Polish Journal of Environmental Studies. — 2003. — Vol. 12, N 1. — P. 95—98.
9. Response of young hydroponically grown tomato plants to phenolic acids / V. Jung, E. Olsson, S. Caspersen, H. Asp, P. Jensen, B.W. Alsanian // Scientia Horticulturae. — 2004. — Vol. 100, N 1—4. — P. 23—37.

Рекомендувала Н.В. Заїменко  
Надійшла 27.09.2018

### REFERENCES

1. Bityutskii, N. (2014), Mineralnoje pitaniye rastenii [Mineral nutrition of plants]. Sankt-Peterburg: S-Pb. University, 540 p.
2. Grakhov, V.P. (1991), Allelopaticeskaja funktsija fenolinykh soedineniy persika [Allelopathic function of phenolic compounds of peach tree]. Kyiv, 160 p.

3. Zakharov, V.L. (2004), Vliyanije pochvenykh uslovii tambovskoi ravniny na rost i plodonoshenije razlichnykh sortov jabloni [The effect of soil conditions of Tambov valley on the growth and fruiting of different cultivars of apple trees]. Voronezh, 28 p.
4. Moroz, P.A. (1990), Allelopathija v plodovykh sadakh [Allelopathy in fruit gardens]. K.: Nauk. dumka, 208 p.
5. Grodzinskiy, A.M. (1990), Pryamyje metody biotestirovaniya pochvy i metabolitov mikroorganizmov [Direct methods of bioassaying of soil and metabolites of microorganisms]. K.: Nauk. dumka, pp. 121–124.
6. Liu, Z., Wang, X., Ma, H. and Qi, Y. (2008), Analysis of allelochemicals in extracts from peach and their effects on growth of *Amygdalus persica* seedlings. Acta Hort. (ISHS), vol. 774, pp. 113–120.
7. Yin, C., Xiang, L., Wang, G., Wang, Y., Shen, X., et al. (2016), How to plant apple trees to reduce replant disease in apple orchard: A study on the phenolic acid of the replanted apple orchard. PLoS One, vol. 11, N 12, pp. 1–17.
8. Politycka, B. and Adamska, D. (2003), Release of phenolic compounds from apple residues decomposing in soil and the influence of temperature on their degradation. Polish Journal of Environmental Studies, vol. 12, N 1, pp. 95–98.
9. Jung, V., Olsson, E., Caspersen, S., Asp, H., Jensen, P. and Alsanius, B.W. (2004), Response of young hydroponically grown tomato plants to phenolic acids. Scientia Horticulturae, vol. 100, N 1–4, pp. 23–37.

Recommended by N.V. Zaimenko  
Received 27.09.2018

Н.П. Дідук, Б.А. Іваницька

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

#### ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ И СМЕСЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ НА АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПРИКОРНЕВОЙ ПОЧВЫ ПОД 30-ЛЕТНИМИ НАСАЖДЕНИЯМИ ЯБЛОНИ И ПЕРСИКА

**Цель** — исследовать влияние внесения кремнийсодержащих минералов и органо-минеральных смесей на их основе на улучшение аллелопатического режима прикорневой почвы под 30-летними насаждениями яблони и персика в модельных лабораторных экспериментах.

**Материал и методы.** Объект исследований — почва корнесодержащего слоя, отобранная из-под 30-летних деревьев яблони и персика из коллекций Национального ботанического сада имени Н.Н. Гришко НАН Украины в фазу набухания почек. Кремнийсодержащие минералы и смеси на их основе вносили в кон-

центрации 1 : 1000 и инкубировали в почве в течение 5 мес. Перед закладкой опытов определяли содержание биогенных элементов, гумуса и реакцию почвенного раствора. В течение периода инкубации каждые 2 нед определяли аллелопатическую активность почвы методом прямого биотестирования. Содержание свободных фенольных соединений в почвенном растворе анализировали через 14 и 104 суток после начала опыта. Статистический анализ результатов проводили с помощью программ Statistica 10.0 и Microsoft Excel 7.0.

**Результаты.** Установлено, что все исследованные минералы и смеси на их основе способствовали снижению фитотоксичности грунта и содержания свободных фенольных соединений в почвенном растворе. Диапазон эффекта прямо пропорционально коррелировал с длительностью инкубации в почве. Смесь верхового торфа с трепелом в соотношении 70 : 30 наиболее эффективно улучшала аллелопатический режим почвы из-под старых насаждений яблони и персика.

**Вывод.** Показана перспективность использования кремнийсодержащих минералов в смеси с торфом и сапропелем для преодоления аллелопатического почвоутомления в 30-летних насаждениях яблони и персика.

**Ключевые слова:** кремнийсодержащие минералы, органические удобрения, яблоня, персик, прикорневая почва, аллелопатическое почвоутомление.

N.P. Didyk, B.O. Ivanytska

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

#### THE EFFECT OF SILICEOUS MINERALS AND COMPOSITES ON THEIR BASIS ON ALLELOPATHIC REGIME OF SOIL UNDER 30-year OLD PLANTATIONS OF APPLE AND PEACH TREES

**Objective** — to study the effect of the application of siliceous minerals and organo-mineral mixtures on their basis to improve allelopathic regime of the rhizosphere soil under 30-year apple and peach trees in the model laboratory experiments.

**Material and methods.** The object of the study is the rhizosphere soil collected from under the 30-year-old apple and peach trees of the collections of M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine at the phase of bud formation. Siliceous minerals and mixtures based on them were applied at a concentration of 1 : 1000 and incubated in the soil for 5 months. Before the experiments started, the content of nutrients, humus and pH of soil solution had been determined. During the incubation period, the allelopathic activity of the soil was determined every two weeks by direct bioassay technique. The content

of free phenolic compounds in the soil solution was analyzed after 14 and 104 days after the start of the experiment. Statistical analysis was conducted using the programs Statistica 10.0 and Microsoft Excel 7.0.

**Results.** It was established that all investigated minerals and mixtures on their basis contributed to the reduction of phytotoxicity of the soil and the content of free phenolic compounds in the soil solution. The effect size positively correlated with the term of their incubation in the soil. The

mixture of peat with tripoli in the ratio of 70 : 30 was the most effective in improving the allelopathic regime of soil from under the old apple and peach plantings.

**Conclusion.** The prospects of application of siliceous minerals mixed with peat and spropel to overcome allelopathic soil sickness in 30-year old apple and peach plantings have been shown.

**Key words:** siliceous minerals, organic fertilizers, apple trees, peach trees, rhizosphere soil, allelopathic soil sickness.