

doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.11.076>

УДК 581.524.1

**Н.В. Заїменко, Н.А. Павлюченко, Н.Е. Елланська, О.П. Юношева,
Б.О. Іваницька, І.П. Харитоновна, Н.П. Дідик, Н.В. Росіцька**

Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України, Київ

E-mail: zaimenkonnv@ukr.net, npavliuch@gmail.com

Перспективи застосування кремнієвмісної органо-мінеральної суміші для зниження ґрунтовтоми в плодкових садах

Представлено членом-кореспондентом НАН України Н.В. Заїменко

Досліджено вплив кремнієвмісної суміші на аделопатичні, мікробіологічні, фізико-хімічні властивості прикореневого ґрунту та життєвий стан плодкових рослин за умов монокультури. Показано ефективність її застосування для зниження ґрунтовтоми в плодкових садах, що обумовлено активізацією мікробіологічних процесів, оптимізацією окисно-відновного, аделопатичного, поживного режиму та підвищенням стійкості рослин.

Ключові слова: *кремнієвмісна суміш, ґрунтовтома, плодві рослини, фенольні аделохімікати, макро- та мікроелементи, ґрунтова мікробіота, стійкість.*

Багаторічне вирощування в монокультурі призводить до пригнічення росту й розвитку, погіршення врожайності та якості продукції плодкових рослин, причиною чого є ґрунтовтома — комплексне явище, зумовлене нагромадженням токсинів й фітопатогенних мікроорганізмів, зниженням інтенсивності мінералізаційних процесів та вмісту доступних поживних речовин [1]. Важливу роль у процесі виснаження ґрунту в плодкових садах відіграють аделохімікати фенольної природи — продукти деструкції відмерлих коренів та листків [1]. Останні можуть діяти на рослинний організм як безпосередньо, шляхом порушення основних фізіологічних процесів (росту, фотосинтезу, дихання, транспірації, поглинання води та біогенних елементів коренями), так і опосередковано, через зміни складу мікробіоти та фізико-хімічних властивостей ґрунту [2].

Відомо, що деякі природні колоїдні силікати (анальцим, трепел тощо) поліпшують фізичні, хімічні та біологічні характеристики ґрунту, підвищують урожайність і системну стійкість рослин. Механізми адаптогенного впливу силікатів на рослини досліджені не достатньо. Завдяки високій адсорбційній здатності колоїдні силікати створюють додаткове депо для вологи та мінеральних елементів, а також можуть поглинати й знешкоджувати токсини, в тому числі й фенольні інгібітори [3]. В рослинному організмі силікати сприяють

© Н.В. Заїменко, Н.А. Павлюченко, Н.Е. Елланська, О.П. Юношева, Б.О. Іваницька, І.П. Харитоновна, Н.П. Дідик, Н.В. Росіцька, 2017

утворенню аморфного кремнієвого матриксу, який впливає на активність систем антиоксидантного захисту [3].

Наші попередні дослідження показали, що органічні добрива (такі як торф, сапропель і т. д.) посилюють позитивний ефект природних мінералів кремнію на стійкість і продуктивність сільськогосподарських рослин [4].

Мета даного дослідження — вивчити вплив кремнієвмісної органо-мінеральної суміші на склад мікробіоценозу, алелопатичні та фізико-хімічні властивості прикореневого ґрунту, життєвий стан багаторічних плодкових насаджень.

Матеріали і методи. На ділянках плодового саду НБС НАН України для оптимізації алелопатичного, поживного та мікробіологічного режиму темно-сірого опідзоленого ґрунту під яблунею, персиком, кизилом та лимонником вносили органо-мінеральну суміш (наночастинки природного кремнієвмісного мінералу анальциму та перегною — 1 : 10) у нормі 500 кг/га. Контроль для кожної досліджуваної культури — без застосування вказаної суміші. Протягом вегетації проводили алелопатичний, мікробіологічний, фізико-хімічний аналіз прикореневого ґрунту, оцінювали стресовий стан зазначених об'єктів у такі строки: I — за 2 місяці, II — 5 місяців після внесення суміші. Зразки ґрунту відбирали на глибині 0–20, 20–40, 40–60 см.

Алелопатичну активність ґрунту вивчали методом прямого біотестування, як тест-об'єкт використовували проростки крес-салату (*Lepidium sativum* L.) [5]. У ґрунті визначали вміст фенольних речовин та окисно-відновний потенціал (ОВП) [6]. Кислотність ґрунту вимірювали за допомогою приладу HI 2211 pH / ORP Meter HANNA Instrument. Вміст макро- та мікроелементів досліджували за модифікованою методикою [7]. Чисельність мікроорганізмів із свіжовідібраних зразків ґрунту визначали методом посіву ґрунтових суспензій у відповідних розведеннях на селективні агаризовані живильні середовища за загальноприйнятими в ґрунтовій мікробіології методиками [8, 9]. Спрямованість мікробіологічних процесів оцінювали як описано в [10, 11]. Стресовий стан рослин аналізували за активністю каталази в листках методом О.Н. Баха та О.І. Опаріна [12] за кількістю пероксиду водню, що розклався під дією ферменту. Досліджували інтенсивність приросту пагонів плодкових культур за вегетаційний період [13]. Цей показник відображає їхній загальний життєвий стан. Обсяг вибірки в межах варіанта становив 10 дерев по 30 пагонів з кожного.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили методами описової статистики та однофакторного дисперсійного аналізу за допомогою програм Statistica 10.0 та Microsoft Office Excel. Дані наведені на рисунках — групові зважені середні. Достовірність впливу факторів оцінювали за рівнем значущості (P) та критерієм Фішера (F).

Результати та їх обговорення. Проаналізовано вплив кремнієвмісної суміші на алелопатичну активність та спрямованість біохімічних процесів по горизонтах ґрунтового профілю під багаторічними насадженнями лимоннику, яблуні, персика, кизилу. Біохімічний стан ґрунту оцінювали за значеннями ОВП. ОВП ґрунту зростав у цілому в 1,1–1,4 раза за умов використання суміші, що вказує на сповільнення темпів в акумуляції лабільних органічних сполук, задіяних у явищах алелопатичної взаємодії та післядії, під зазначеними культурами. З'ясовано, що концентрація фенольних речовин у ґрунті під впливом суміші знижувалася в 1,1–3,1 раза порівняно до контролю. Така ж тенденція спостерігалася після внесення анальциму в ґрунт плодкових рослин у модельному досліді [14]. Покращення

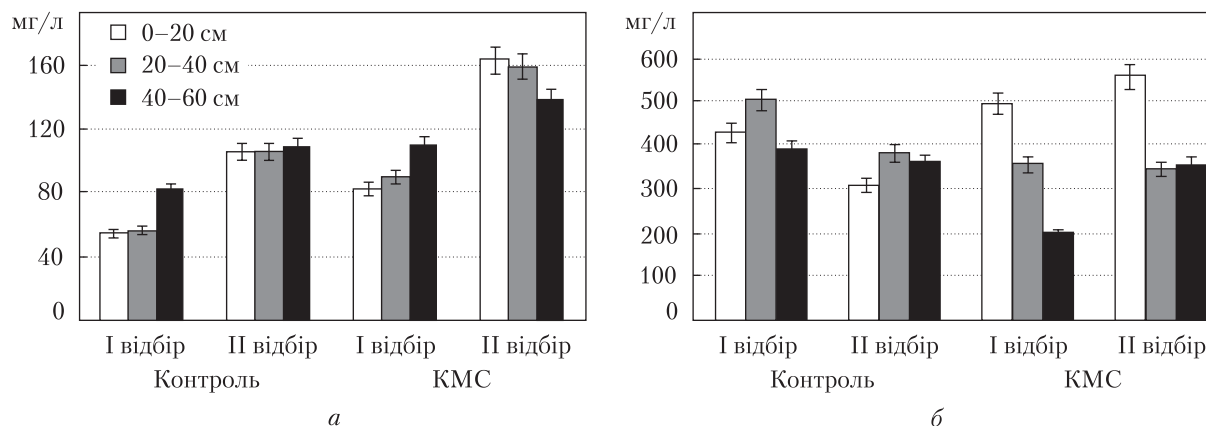


Рис. 1. Розподіл фосфору (а) та калію (б) у ґрунті під рослинами персика при внесенні кремнієвмісної суміші

біохімічних характеристик ґрунту, зумовлене застосуванням суміші, позитивно позначилося на його аделопатичних властивостях. Виявлено рістстимулювальний ефект щодо рослин-акцепторів на 8–55 % порівняно з контролем, особливо для ґрунту з-під кизилу.

Внесення суміші в прикореневий ґрунт яблуні сприяло зниженню чисельності грибів майже вдвічі в обидва терміни спостережень. У ґрунті під лимонником у досліді кількість мікроміцетів також була меншою за контроль. Додавання суміші під персик спочатку викликало зростання чисельності грибів, яка з часом також знижувалася. Подібною їх динаміка була в ґрунті під кизилом. За 2 місяці після застосування суміші в ґрунті під яблунею кількість актиноміцетів зросла більш ніж у 2 рази, тоді як мікроорганізми цієї групи активізувалися в ґрунті під персиком та кизилом лише за 5 місяців. Чисельність актиноміцетів у ризосфері лимоннику під впливом суміші змінювалася неістотно. У дослідних зразках не виявлено різниці у розвитку азотобактера, який був на рівні контролю – 100 %. Упродовж вегетації чисельність амоніфікаторів у ґрунті під усіма дослідженими рослинами зростала за рахунок надходження до нього органічної речовини. Особливо дія суміші проявилася через 5 місяців у ґрунті під яблунею, де їх кількість зросла у 2 рази порівняно до контролю. Коефіцієнт мінералізації-іммобілізації в дослідних зразках в обидва строки був близький до 1, що свідчить про збалансованість процесів мінералізації. У ґрунті під яблунею акумулювалася органічна речовина, на що вказувало найменше значення цього показника (0,6 та 0,7 відповідно для I та II строків відбору зразків).

Отже, ґрунтова мікробіота на тлі внесення сполук кремнію відрізнялася за чисельністю мікроорганізмів основних таксономічних та еколого-трофічних груп: найбільш чутливою вона виявилася для яблуні, а найменш – для лимоннику, під персиком та кизилом – була подібною.

Досліджено анізотропність розподілу макро- та мікроелементів у вертикальній проекції під досліджуваними культурами. Після внесення суміші в ґрунті під персиком відмічалася істотне накопичення калію і фосфору (рис. 1), що свідчить про безпосередню участь останнього в оптимізації забезпечення рослин фосфатами за рахунок його вивільнення із зв'язаних форм оксидів заліза та алюмінію. Виявлено підвищену концентрацію кальцію під кизилом порівняно з іншими видами, що доводить правомірність наукового припущен-

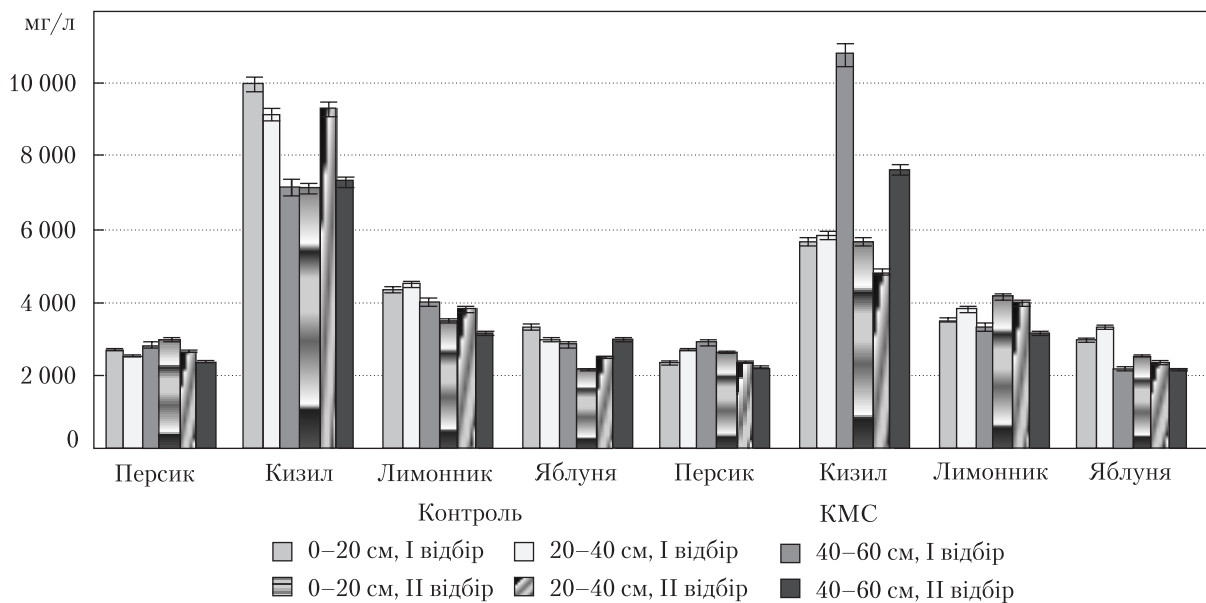


Рис. 2. Розподіл кальцію в ґрунті під плодовими культурами при внесенні кремнієвмісної суміші

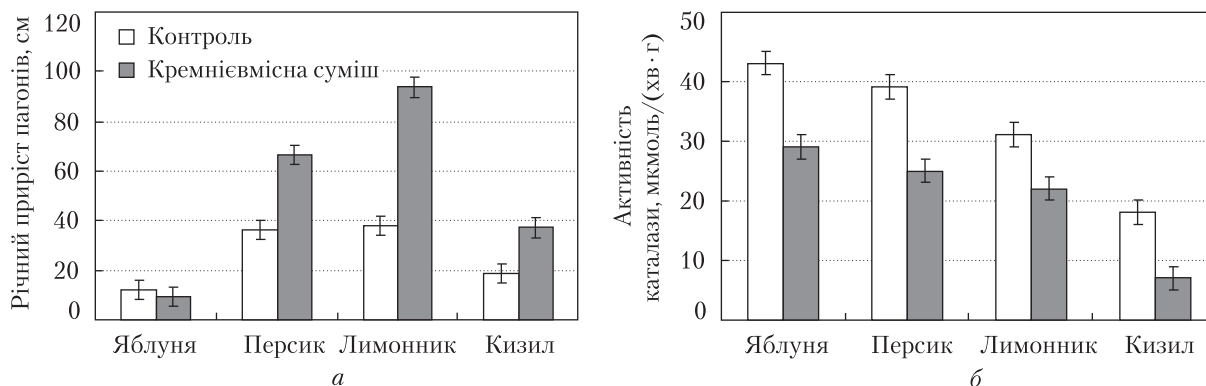


Рис. 3. Вплив кремнієвмісної суміші на приріст пагонів (а) та активність каталази (б) у листках плодових культур

ня щодо вибіркової спроможності рослин виділяти мінеральні елементи в ґрунт відповідно до їхнього екоморфотипу (рис. 2). Вміст кальцію під дією суміші зростав під лимонником у II строк відбору зразків у горизонтах 0–20, 20–40 см. Під впливом суміші збільшувалася кількість аміачного азоту, особливо в ґрунті під кизилом, що може пригнічувати синтез фенолів і за умови акумуляції кальцію запобігати фітотоксичності. Додавання суміші спричиняло накопичення карбону в ґрунті, що сприяє формуванню функціональних зв'язків між компонентами штучного фітоценозу.

Аналіз результатів біометричних досліджень показав, що застосування суміші стимулювало приріст річних пагонів персика в 1,8 раза, лимоннику – в 2,4 раза, кизилу – в 2 рази (рис. 3). Відомо, що посилення приросту вегетативних органів сприяє збільшенню асиміляційної поверхні, зменшенню опадання зав'язей і плодів, тому є інтегральним показником

життєвого стану та продуктивності плодкових дерев. За умов використання суміші знижувалася активність каталази в листках дослідних рослин у 1,3–2,6 рази, що свідчило про послаблення напруженості стресового стану та нормалізацію біологічних й фізико-хімічних умов у ґрунтовому середовищі.

Позитивний вплив силікатів на ріст та якість врожаю рослин, у тому числі й плодкових, пов'язують зі зростанням стійкості до стрес-факторів, інтенсивнішим поглинанням води та поживних речовин кореннями [3, 15].

Отримані дані показали перспективність застосування кремнієвмісної суміші для зниження ґрунтової, підвищення продуктивності та системної стійкості плодкових рослин, що обумовлено зменшенням фітотоксичності ґрунту, активізацією агрономічно цінної мікробіоти, оптимізацією окисно-відновного та поживного режиму. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку найбільш вдалих комбінацій компонентів суміші для впровадження у різних ґрунтово-кліматичних умовах.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Politycka B., Adamska D. Release of phenolic compounds from apple residues decomposing in soil and the influence of temperature on their degradation. *Pol. J. Environ. Stud.* 2003. **12**, № 1. P. 95–98.
2. Li Z.H., Wang Q., Ruan X., Pan C.-D., Jiang D.-A. Phenolics and Plant Allelopathy. *Molecules.* 2010. **15**. P. 8933–8952. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules15128933>
3. Guntzer F., Keller C., Meunier J. Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 2012. **32**, № 1. P. 201–213. doi: <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0039-8>
4. Заїменко Н.В., Дідик Н.П., Елланська Н.Е., Іваницька Б.О., Павлюченко Н.А., Рахметов Д.Б., Харитонова І.П. Впровадження новітньої технології хімічної та фітомеліорації кислих і засолених ґрунтів. *Наука та інновації.* 2016. **12**, № 1. С. 66–77. doi: <https://doi.org/10.15407/scin12.01.066>
5. Гродзинский А.М., Кострома Е.Ю., Шроль Т.С., Хохлова И.Г. Прямые методы биотестирования почвы и метаболитов микроорганизмов. *Алелопатия и продуктивность растений: Сб. науч. тр.* Киев: Наук. думка, 1990. С. 121–124.
6. Гродзинский А.М., Горобец С.А., Крупа Л.И. Руководство по применению биохимических методов в аллелопатических исследованиях почв. Киев, 1988. 18 с.
7. Ринькис Г.Я., Ноллендорф В.Ф. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами. Рига: Зинатне, 1982. 304 с.
8. Тепер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. Москва: Дрофа, 2004. 256 с.
9. Елланська Н.Е., Левчик Н.Я., Юношева О.П. Мікробні угруповання прикореневого ґрунту представників роду *Vitex* L. *Ґрунтознавство.* 2013. **14**, № 1–2. С. 61–69.
10. Андреюк Е.И., Валагурова Е.В., Мальцева Н.Н. Инструментальные методы в почвенной микробиологии. Киев: Наук. думка, 1982. 220 с.
11. Муха В.Д. Естественно-антропогенная эволюция почв. Москва: Колос, 2004. 271 с.
12. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. 3-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 255 с.
13. Кондратенко П.В., Бублик М.О. Методика проведення польових досліджень з плодovими культурами. Київ: Аграрна наука, 1996. 95 с.
14. Кудренко І.К., Левон В.Ф., Заїменко Н.В., Мороз П.А. Використання анальциму для зниження вмісту фенольних речовин у ґрунті під плодovими рослинами. *Інтродукція рослин.* 2011. № 3. С. 93–97.
15. Бочарникова Е.А., Матыченков В.В. Влияние кремниевого мелиоранта на цитрусовые. *Агрoхимия.* 2007. № 10. С. 39–43.

Надійшло до редакції 10.07.2017

REFERENCES

1. Politycka, B. & Adamska, D. (2003). Release of phenolic compounds from apple residues decomposing in soil and the influence of temperature on their degradation. *Pol. J. Environ. Stud.*, 12, No. 1, pp. 95-98.
2. Li, Z. H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C.-D. & Jiang, D.-A. (2010). Phenolics and Plant Allelopathy. *Molecules*, 15, pp. 8933-8952. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules15128933>
3. Guntzer, F., Keller, C. & Meunier, J. (2012). Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, No. 1, pp. 201-213. doi: <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0039-8>
4. Zaimenko, N. V., Didyk, N. P., Ellans'ka, N. E., Ivanytska, B. O., Pavliuchenko, N. A., Rakhmetov, D. B. & Kharytonova, I. P. (2016). Implementation of new technologies of chemical and phytomelioration of acidic and saline soils. *Nauka innov.*, 12, No. 1, pp. 66-77 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.15407/scin12.01.066>
5. Grodzinskiy, A. M., Kostroma, E. Ju., Shrol', T. S. & Khokhlova, I. G. (1990). Direct bioassay methods of soil and microorganisms metabolites. *Allelopathy and plant productivity* (pp. 121-124). Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
6. Grodzinskiy, A. M., Gorobets, S. A. & Krupa, L. I. (1988). Handbook on application of biochemical methods in allelopathic soil studies. Kiev (in Russian).
7. Rin'kis, G. Ja. & Nollendorf, V. F. (1982). Balanced nutrition of plants with macro- and microelements. Riga: Zinatne (in Russian).
8. Tepper, E. Z., Shilnikova, V. K. & Pereverzeva, G. I. (2004). *Microbiology practicum*. Moscow: Drofa (in Russian).
9. Ellanska, N. E., Levchyk, N. J. & Yunosheva, O. P. (2013). Rhizosphere microbial community of genus *Vitex* L. representatives. *Gruntoznavstvo*. 14, No. 1-2, pp. 61-69 (in Ukrainian).
10. Andreyuk, E. I., Valagurova, E. V. & Maltseva, N. N. (1982). *Instrumental methods in soil microbiology*. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
11. Mukha, V. D. (2004). *Naturally-anthropogenic evolution of soil*. Moscow: Kolos (in Russian).
12. Pleshkov, B.P. (1985). *Practical work on plant biochemistry*. 3rd ed., ext. Moscow: Agropromizdat (in Russian).
13. Kondratenko, P. V. (1996). *Methods of field research on fruit cultures*. Kiev: Agrarna Nauka (in Ukrainian).
14. Kudrenko, I. K., Levon, V. F., Zaimenko, N. V. & Moroz, P. A. (2011). Usage of analcinite for reduction of the content of phenolic compounds in soil under fruit plants. *Plant introduction*, No. 3, pp. 93-97 (in Ukrainian).
15. Bocharnikova, E. A. & Matychenkov, V. V. (2007). Influence of silicon ameliorant on citrus. *Agrohimiya*, No. 10, pp. 39-43 (in Russian).

Received 10.07.2017

*Н.В. Заименко, Н.А. Павлюченко,
Н.Э. Элланская, Е.П. Юношева, Б.А. Иващицкая,
И.П. Харитонова, Н.П. Дидык, Н.В. Росицкая*

Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины, Киев
E-mail: zaimenkonv@ukr.net, npavliuch@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩЕЙ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОЙ СМЕСИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОЧВОУТОМЛЕНИЯ В ПЛОДОВЫХ САДАХ

Исследовано влияние кремнийсодержащей смеси на аллелопатические, микробиологические, физико-химические свойства корнеобитаемой почвы и жизненное состояние плодовых растений в условиях монокультуры. Показана эффективность её применения для снижения почвоутомления в плодовых садах, что обусловлено активизацией микробиологических процессов, оптимизацией окислительно-восстановительного, аллелопатического, питательного режимов и повышением устойчивости растений.

Ключевые слова: кремнийсодержащая смесь, почвоутомление, плодовые растения, фенольные аллелохимикаты, макро- и микроэлементы, почвенная микробиота, устойчивость.

*N.V. Zaimenko, N.A. Pavliuchenko,
N.E. Ellans'ka, O.P. Yunosheva, B.O. Ivanyts'ka,
I.P. Kharytonova, N.P. Didyk, N.V. Rositska*

M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine, Kiev
E-mail: zaimenkonv@ukr.net, npavliuch@gmail.com

PROSPECTS OF APPLICATION OF A SILICEOUS
ORGANO-MINERAL MIXTURE TO REDUCE
THE SOIL SICKNESS IN ORCHARDS

The influence of a siliceous mixture on the allelopathic, microbiological, physical, and chemical properties of rhizosphere soil and the vital state of fruit plants under monoculture conditions is studied. The effectiveness of its application for reducing the soil sickness in orchards is shown. It is caused by the activation of microbiological processes, optimization of redox, allelopathic, and nutritional regimes and by an increase in the plant resistance.

Keywords: *siliceous mixture, soil sickness, fruit plants, phenolic allelochemicals, macro- and microelements, soil microbiota, resistance.*