

УДК 502.72

**О. О. ГОЛОЛОБОВА**, к. с.-г. наук, доц., **Н. Б. КРАВЧЕНКО**, **Ж. В. МАСОВЕЦЬ**

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна*

пл. Свободи, 6, г. Харків, 61022

e-mail: [valeo\\_elena@mail.ru](mailto:valeo_elena@mail.ru)

## **ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА СУЧАСНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

**Мета.** Оцінка екологічної та економічної ефективності сучасних прийомів вирощування овочевої продукції. **Методи.** Польові, атомно-абсорбційної спектрофотометрії, дисперсійний. **Результати.** Досліджені агроприйоми не спричиняють забруднення ґрунту важкими металами. Максимальна прибавка урожаю томатів в досліді складає 13,2 ц/га, перцю солодкого в досліді складає 5,2 ц/га на фоні внесення гною та некореневого живлення кремнієво-калійним добривом. Цей же результат отриманий і для варіанту з внесенням повного мінерального добрива та некореневого живлення кремнієво-калійним добривом. На фоні внесення гною дворазове кремнієво-калійне листове підживлення сприяло детокс-ефекту по відношенню до важких металів-полутантів та також сприяло формуванню більш якісного мікроелементного складу. **Висновки.** Показано, що найбільш доцільним з еколого-економічної точки зору є вирощування овочевих культур (помідор та перцю солодкого) з внесенням органічних добрив та подвійним кремнієво-калійним позакореневим підживленням.

**Ключові слова:** томати, перець солодкий, система добрива, позакореневе підживлення, мікроелементний статус, кремнієве добриво

**Gololobova A. A., Kravchenko N. B., Masovets Zh.V.**

*V.N.Karazin Kharkov National University*

## **ECOLOGICAL-ECONOMIC EVALUATION OF MODERN RECEPTIONS OF GROWING VEGETABLE PRODUCTS**

A modern study of the role of silicon in the physiology of cultivated plants, in the soil fertility and in the production of quality and environmentally safe plant products remains one of the pressing and in-demand in practice. **Purpose.** Assessment of environmental and economic efficiency of modern methods of growing vegetables. **Methods.** Field, atomic absorption spectrophotometry, variance. **Results.** Field studies have been conducted on the plot of land in the village of Orihikka of the Lubny District of the Poltava region during 2015-2016. In the autumn of 2015, an experiment with the following plot variants was planted on the plots: 1. Control - a plot without fertilization; 2. control – +2 foliar feeding; 3. N60P40K60; 4. N60P40K60 + 2 foliar nutrition; 5. 30 t / ha semi-perforated manure; 6. 30 t / ha semi-permafrost + 2 extra root feedings. The area of each site was 15 m<sup>2</sup>. Repeat options - triple. For siliceous-potassium foliar nutrition, complex fertilizers containing silicon and potassium "Quantum-AQUASIL" were used. The agrostatus of our choice is the steel plate feeding of vegetable plants of tomatoes and sweet pepper, which is carried out by 0.5% solution of the preparation by standard spraying in the evening in the second, fourth and sixth variants of the experiment. Two treatments were carried out: the first-in-phase of budding, the second - at the beginning of the formation of fruits. Researched agrostatus not cause soil contamination with heavy metals. The maximum increase of harvest tomatoes in the experiment is 13.2 kg / ha of sweet pepper in the experiment is 5.2 kg / ha on the background of manure and foliar nutrition siliciclastic-potassium fertilizer. The same results were obtained for the variant with the introduction of complete fertilizer and foliar nutrition siliciclastic-potassium fertilizer. Against the background of manure siliciclastic double-sheet feeding potash contributed detox effect with respect to heavy metals, pollutants and also helped to shape better trace element composition. **Conclusions.** It is shown that the most appropriate to the ecological-economic approach is the cultivation of vegetable crops (tomato and pepper), with application of organic fertilizers and double silicon-potassium foliar treatment.

**Keywords:** tomato, sweet pepper, the system of fertilizer, foliar feeding, trace element status, silicon fertilizer

**Гололобова А. А., Кравченко Н. Б., Масовец Ж. В.**

*Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина*

## **ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧЕСЬКА ОЦІНКА СОВРЕМЕННЫХ ПРИЕМОВ ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Цель.** Оценка экологической и экономической эффективности современных приемов выращивания овощной продукции. **Методы.** Полевые, атомно-абсорбционной спектрофотометрии, дисперсионный. **Результаты.** Исследованные агроприемы не влекут загрязнения почвы тяжелыми металлами. Максимальная прибавка урожая томатов в опыте составляет 13,2 ц / га, перца сладкого – составляет 5,2 ц / га на фоне внесения навоза и некорневого питания кремниевое-калийным удобрением. Этот же результат полу-

чен и для варианта с внесением полного минерального удобрения и некорневого питания кремниево-калийным удобрением. На фоне внесения навоза двукратная кремниево-калийная листовая подпитка способствует детокс-эффекту по отношению к тяжелым металлам-поллютантов и также способствует формированию качественного микроэлементного состава. **Выводы.** Показано, что наиболее целесообразным с эколого-экономической точки зрения является выращивание овощных культур (помидор и перца сладкого) с внесением органических удобрений и двукратной кремниево-калийной некорневой обработкой.

**Ключевые слова:** томаты, перец сладкий, система удобрения, внекорневые подкормки, микроэлементный статус, кремниевая удобрение

### Вступ

**Актуальність.** Серед сільськогосподарських культур посиленого моніторингу якості і безпеки заслуговує овочева продукція, яку споживають у вигляді як надземної маси, так і коренеплодів з різною ймовірністю накопичення забруднювачів. Незважаючи на те, що ці культури не належать до основних продуктів харчування, їх виробництво сезонне, а споживання не потребує технологічної обробки, з одного боку, а з іншого – високий вміст біологічно активних речовин, необхідних організму, диктують певні вимоги щодо їх виробництва на всіх етапах технологічного ланцюга, починаючи від селекції та районування нових сортів і закінчуючи дотриманням правил технологічної дисципліни. При низькій калорійності овочі містять велику кількість вітамінів, мінеральних речовин, ферментів, фітонцидів та інших важливих сполук для підтримки та збереження здоров'я людей. Однак така продукція з-за накопичення в ній залишків пестицидів, солей важких металів і надмірної кількості нітратів може бути небезпечною [13, 15, 21, 25].

Актуальним є пошук ефективних прийомів покращення умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур рослин та отримання екологічно-безпечної продукції високої якості. Сучасне вивчення ролі кремнію в фізіології культурних рослин, в родючості ґрунту і питаннях виробництва якісної та екологічно безпечної рослинної продукції залишається одним з актуальних і затребуваних на практиці. Порівняно недавно отримала широкий розвиток концепція пошуку нових, альтернативних добривачів – речовин, здатних також продуктивно впливати на ріст і розвиток рослин, як і загальноприйняті традиційні туки, підкріплюється всілякими результатами досліджень Б. П. Лободи (2002); Е. А. Яшина (2004); Е. А. Бочарникової, В. В. Матиченкова (2011); О. С. Дронін (2009); В. Н. Капранова (2009); І. В. Ласоші (1997); А. Х. Кулікової (2010, 2013); А. В. Козлова (2013) [1, 12, 16]. Відзначається, що

дефіцит монокремнієвої кислоти і зменшення вмісту аморфного кремнезему в ґрунті призводять до руйнування її органомінерального комплексу, прискорення деградації органічної речовини і погіршення мінералогічного складу [1, 16]. Так, за розрахунками В. В. Матиченкова (2008), щорічно у світі приблизно 210 – 224 млн. т кремнію безвозвратно відчужується урожаєм сільськогосподарських культур [16]. Основна функція кремнію – створення і функціонування природної захисної системи рослин, тобто кремній визначає рівень природного захисту від біотичного – шкідників, грибів, бактеріальних інфекцій та абіотичного (висока температура, низька температура, радіація, хімічне забруднення, нехватка або надлишок освітлення, засолення, нехватка води) стресу [3, 12, 16, 17, 18, 26]. Висока агроефективність використання кремнію слугує підставою необхідності проведення досліджень впливу кремнійвмісних речовин на систему «ґрунт – рослина» за різних ґрунтово-кліматичних умов країни.

**Мета роботи.** Оцінка екологічної та економічної ефективності сучасних прийомів вирощування овочевої продукції.

Для реалізації поставленої мети поставлені наступні завдання:

- надати оцінку екологічному стану ґрунту, як об'єкту дослідження;
- надати агроекологічну оцінку мікроелементного статусу ґрунту в залежності від вивчаємих агроприймів;
- дослідити вплив агроприймів на урожайність томатів та перцю солодкого;
- дослідити поведінку важких металів в системі «ґрунт – рослина в залежності від агроприймів;
- надати агроекологічну оцінку детокс-ефекту кремнієво-калійного листового підживлення овочів при мінеральній та органічній системах добрива;
- оцінити екологічну та економічну ефективність різних прийомів вирощування окремих видів овочевої продукції.

### Методи дослідження

Для вивчення агроекологічної ефективності застосування кремнієво-калійного позакореневого підживлення овочевих культур на фоні мінеральної та органічної систем добрива проведено ряд власних польових та лабораторних досліджень. Польові дослідження проведено на присадибній ділянці в с. Орехівка Лубенського району Полтавської області на протязі 2015 – 2016 рр. Восени 2015 р. на присадибній ділянці закладено дослід з наступними варіантами ділянок:

1. Контроль – ділянка без внесення добрив;
2. контроль +2 позакорневих підживлення;
3. N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>;
4. N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> + 2 позакорневих підживлення;
5. 30 т/га напівперепрілого гною;
6. 30 т/га напівперепрілого гною +2 позакорневих підживлення.

Площа кожної ділянки складала 15 м<sup>2</sup>. Повторність варіантів – триразова. Дозу внесення мінеральних добрив під томати сорту «Халцедон» та перець солодкий сорту «Подарунок Молдови» розраховано, використовуючи балансовий метод [14]. Норми добрив розраховано за діючою речовиною. Азот внесено з аміачною селітрою, фосфор – з суперфосфатом, калій – з калімагнезією. Напівперепрілий гній внесено восени 2015 р. під основний обробіток ґрунту. Мінеральні добрива вносять локально в лунки при посадці навесні 2016 р.

Для кремнієво-калійного позакореневого підживлення використано комплексне добриво з вмістом кремнію та калію «Квантум-АКВАСИЛ». Агроприйомом нашого вибору – стале листове підживлення вегетуючих рослин томатів та перцю солодкого, яке проведено 0,5% розчином препарату стандартним обприскуванням у вечірній час на другому, четвертому та шостому варіантах досліді. Проведено дві обробки: перша – у фазі бутонізації, друга – на початку утворення плодів.

Зразки ґрунту відібрано з шару ґрунту 0 – 20 см, згідно вимог до відбору зразків ґрунту ДСТУ 4287-2004 [11]. Зразки рослинної продукції відібрано на тих самих ділянках, де проведено відбір ґрунтових проб. Підготовка проб рослинної продукції до лабораторних досліджень проведено відповідно ГОСТу 26929-94 [5]. Аналіз зразків рослинної продукції на вміст важких

металів виконано в навчально-дослідній лабораторії аналітичних досліджень екологічного факультету ХНУ імені В. Н. Каразіна. Аналіз зразків ґрунту проводився в ННЦ ІГА імені О. Н. Соколовського. В ґрунтових зразках визначено рухомі форми ВМ (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) в буферній амонійно-ацетатній витяжці (рН 4,8) методом атомно-абсорбційної спектроскопії [10, 23].

**Методи розрахунку економічної ефективності окремих прийомів вирощування овочевої продукції.** Комплекс будь-яких природоохоронних заходів повинен забезпечувати максимальний загальноекономічний ефект, складовими якого є екологічний і економічний результат. З метою техніко-економічного обґрунтування найкращих варіантів виробництва екологічно чистої продукції, які різняться за впливом на навколишнє природне середовище, а також за впливом на виробничі результати суб'єкта господарської діяльності, визначаються показники ефективності заходів. Найчастіше використовуються показники абсолютної та порівняльної ефективності. В загальному випадку розрахунок абсолютної економічної ефективності заходу ґрунтується на порівнянні витрат на його здійснення з досягнутим завдяки цьому заходу економічним ефектом:

$$E_e = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m E_{ij}}{B} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m E_{ij}}{C + E_n \cdot K} \quad (1)$$

де: E<sub>ij</sub> – економічний ефект всіх видів природоохоронних заходів на всіх об'єктах;

C – річні експлуатаційні витрати на природоохоронний захід;

K – капіталовкладення в природоохоронний захід;

E<sub>n</sub> – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень в природоохоронні заходи.

Абсолютна ефективність показує, у скільки разів результат перевищує витрати на проведення природоохоронної діяльності. Доцільність здійснення того, чи іншого природоохоронного заходу визначається за результатом порівняння його показника ефективності з рівнями ефективності для інших заходів.

Економічний ефект від підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь може бути оцінений за обсягом товарної продукції, що одержується до та після проведення заходу з 1 га угідь.

Витрати на вирощування овочевої продукції з використанням різних агроприйомів включають: витрати на органічні та мінеральні добрива, витрати на інструмент, витрати на оплату праці.

**Результати дослідження**

**Оцінка імпактного забруднення ґрунту важкими металами в польовому досліді.** Класифікацію ґрунтів за ступенем забруднення важкими металами (ВМ), згідно ГОСТ 17.4.3.06-86, проводять за гранично допустимою кількістю (ГДК) та за фоновим вмістом у ґрунті [4]. Результати дослідження вмісту важких металів у ґрунті на дослідних ділянках у с. Оріхівка Лубенського району Полтавської області представлені в таблиці 1.

регіонального фоновому вмісту) ґрунтів різного гранулометричного складу зон Лісостепу та Степу України. Відсутність екологічної шкоди – до 3-х разового перевищення регіонального фону вмісту ВМ; фітотоксична дія ВМ – від 3-5 разового перевищення регіонального фону вмісту ВМ; деградація ґрунту – від 60- разового перевищення регіонального фону вмісту ВМ [7]. Тому наступним етапом роботи є порівняння вмісту рухомих форм ВМ з регіональним фоном за допомогою коефіцієнтів концентрацій та встановлення ступеню забруднення ґрунтів [6].

За результатами проведених досліджень визначено, що вміст хімічних елементів (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) в ґрунті в жодному з варіантів досліду не перевищував ГДК.

Коефіцієнти концентрацій ВМ для шару ґрунту 0 – 20 см розраховано з використанням фонових значень для ґрунтів Лісостепу України. Отже, розрахунки коефіцієнтів концентрації (K<sub>с1</sub>) ВМ представлені в таблиці 2.

На теперішній час базовими нормативами екологічної регламентації є порогові рівні вмісту ВМ за імпактного забруднення ВМ (в межах 3 – 80 кратного перевищення

**Таблиця 1**

**Вміст ВМ у ґрунті по варіантах досліду, с. Оріхівка, мг/кг, 2016 р.**

Варіант	ВМ								
	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Контроль	0,07	0,05	0,6	0,53	0,12	0,69	0,34	2,23	3,18
Контроль+Si	0,07	0,05	1,36	1,52	0,17	0,82	0,31	3,39	3,61
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	0,07	0,05	0,64	0,46	0,15	0,77	0,65	5,21	3,05
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> + Si	0,07	0,05	1,6	0,54	0,39	0,86	0,35	1,37	3,18
Гній 30 т/га	0,13	0,05	3,3	0,3	0,36	0,90	2,38	3,45	3,68
Гній 30 т/га +Si	0,07	0,05	0,6	0,24	0,13	0,61	0,23	5,21	3,63

**Таблиця 2**

**Коефіцієнти концентрацій ВМ для шару ґрунту 0 – 20 см**

Варіант	ВМ									
	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	
Контроль	0,01	0,01	0,30	0,19	0,39	9,68	0,32	1,38	1,21	
Контроль+Si	0,01	0,01	0,68	0,76	0,55	11,47	0,29	2,1	1,37	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	0,01	0,01	0,32	0,23	0,49	10,81	0,61	3,23	1,16	
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> + Si	0,01	0,01	0,80	0,27	1,27	11,99	0,33	0,85	1,21	
Гній 30 т/га	0,02	0,01	1,65	0,15	1,17	12,56	2,24	2,14	1,40	
Гній 30 т/га +Si	0,01	0,01	0,30	0,12	0,43	8,48	0,22	3,23	1,38	
ГДК	0,7	5,0	6,0	3,0	-	-	4,0	6,0	23,0	
ФОН	min	0,02	0,01	0,04	0,01	0,02	0,89	0,01	0,02	0,01
	max	1,12	1,08	2,82	2,91	32,16	59,47	2,2	5,3	4,28
	Середнє	0,15	0,2	0,5	0,36	3,22	14,9	0,94	0,62	0,38

ФОН – фоновий вміст рухомих форм ВМ у ґрунтах Лісостепу України [7]

З врахуванням сучасного підходу про відсутність екологічної шкоди, що вміст знаходиться в межах до 3-х разового перевищення регіонального фону вмісту ВМ, виявлено моноелементний характер забруднення ділянок першого та четвертого варіантів дослідів за Zn та поліелементний характер забруднення фітотоксичної дії ділянок другого, третього, шостого варіантів за Pb та Zn, а п'ятого – за Cr, Pb, Zn. Забруднення ґрунту саме на цинк можливо пояснити тим, що в процесі техногенного розсіюван-

ня цей елемент створює найбільш поширені зони забруднення, які залежно від потужності джерела викиди можуть сягати до 25 км. Тобто джерелом забруднення цинком можуть бути не тільки близько розташовані підприємства та залізниця, а також і підприємства Полтавської області.

Рівень забруднення можливо оцінити за допомогою сумарного показника забруднення ґрунту  $Z_{CJ}$  [6]. Результати розрахунків наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Сумарний показник забруднення ґрунту  $Z_{CJ}$  для шару ґрунту 0 – 20 см по варіантах дослідів

Варіант	Контроль	Контроль+Si	$N_{60}P_{40}K_{60}$	$N_{60}P_{40}K_{60} + Si$	Гній 30 т/га	Гній 30 т/га +Si
$Z_{CJ}$	4,4	6,9	7,3	4,2	9,8	7,8

Розрахунок сумарного показника забруднення [20] показав, що досліджувані агроприйоми не спричиняють забруднення ґрунту ВМ, ґрунт дослідної ділянки за показниками поліелементного забруднення відноситься до незабруднених для всіх варіантів дослідів.

**Оцінка мікроелементного статусу ґрунту.** За допомогою даних таблиці 4 проведено аналіз рівня забезпеченості ґрунтів рухомими формами фізіологічно необхідних мікроелементів (МЕ).

Аналіз рівня забезпеченості ґрунтів варіантів дослідів рухомими формами фізіологічно необхідних МЕ, показав, що навіть

внесення гною в кількості 30 т/га не підвищило рівень забезпеченості ґрунту. Забезпеченість Mn, Cu, Zn та Co як фізіологічно необхідними мікроелементами по всіх варіантах дослідів низька. Це можна пояснити наступним чином: на протязі тривалого часу на дослідній ділянці органічні добрива не вносилися, разове внесення гною недостатньо для підвищення рівня забезпеченості, цій агроприйом потрібно реалізовувати регулярно.

**Урожайність томатів та перцю солодконого.** Важливим критерієм ефективності різних агроприйомів є урожайність сільськогосподарських культур.

Таблиця 4

Рівні забезпеченості ґрунтів рухомими формами фізіологічно-необхідних МЕ для культур високого виносу МЕ, мг/кг ґрунту [2]

Забезпеченість	Mn	Cu	Zn	Co
Низька	< 20	< 0,5	< 5	< 0,3
Середня	20-40	0,5-1	5-10	0,15 - 0,7
Висока	> 40	> 1	> 10	> 0,7

В нашому досліді вивчали дію мінеральної, органічної систем добрива, а також позакореневого підживлення на фоні мінеральної та органічної систем добрива на урожайність томатів та перцю солодконого.

Урожайність томатів по варіантах дослідів представлена в таблиці 5, урожайність перцю солодконого – в таблиці 6. Для статистичної обробки урожайних даних використано дисперсійний аналіз даних багатofакторного польового дослідів за Б. О. Доспеховим [9].

Статистична обробка урожайних даних томатів показала достовірну прибавку урожаю при застосуванні позакореневого кремнієво-калійного підживлення, а саме на фоні без внесення добрив прибавка складала 4,1 т/га, на фоні мінеральних добрив – 2 т/га, на фоні внесення гною – 6 т/га.

Також достовірною виявилась прибавка урожаю за фактором А (позакоренево підживлення) для перцю солодконого: на фоні без внесення добрив прибавка складала 2,8 т/га,

Таблиця 5

Урожайність томатів в досліді, т/га, 2016 р.

Варіанти досліді	Повторення			Середнє
	I	II	III	
Контроль (фактор А)	15,5	14,7	14,9	15,0
Контроль+Si (фактор В)	18,4	20,0	18,9	19,1
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> (фактор А)	18,2	19,1	17,3	18,2
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> + Si (фактор В)	20,2	20,6	19,8	20,2
Гній 30 т/га (фактор А)	22,7	22,1	21,8	22,2
Гній 30 т/га +Si (фактор В)	27,8	28,6	28,1	28,2

**НСР<sub>05</sub> = 0,86 т/га**

**НСР<sub>05А</sub> = 0,50 т/га**

**НСР<sub>05В</sub> = 0,62 т/га**

Таблиця 6

Урожайність перцю солодкого по варіантах досліді, т/га, 2016 р.

Варіанти досліді	Повторення			Середнє
	I	II	III	
Контроль (фактор А)	8,5	9,1	8,9	8,8
Контроль+Si (фактор В)	11,0	10,7	10,6	10,8
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> (фактор А)	12,2	12,0	11,7	12,0
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> + Si (фактор В)	13,8	14,3	14,0	14,0
Гній 30 т/га (фактор А)	10,0	10,3	9,8	10,0
Гній 30 т/га +Si (фактор В)	13,8	14,2	14,0	14,0

**НСР<sub>05</sub> = 0,36 т/га**

**НСР<sub>05А</sub> = 0,20 т/га**

**НСР<sub>05В</sub> = 0,26 т/га**

на фоні мінеральних добрив – 2 т/га, на фоні внесення гною – 4 т/га.

Достовірну прибавку урожаю забезпечило внесення повного мінерального добрива: для томатів 3,2 ц/га, для перцю також 3,2 ц/га.

Максимальна прибавка урожаю томатів в досліді складає 13,2 ц/га на фоні внесення гною та некореневого живлення кремнієво-калійним добривом.

Максимальна прибавка урожаю перцю солодкого в досліді складає 5,2 ц/га на фоні внесення гною та некореневого живлення кремнієво-калійним добривом. Цей же результат отриманий і для варіанту з внесенням повного мінерального добрива та некореневого живлення кремнієво-калійним добривом.

**Оцінка екологічної якості овочевій продукції.** Важливою вимогою при вирощуванні овочевих культур є отримання екологічно безпечної продукції, тому визначено вміст ВМ у плодах томатів та перцю солодкого, результати зазначені у таб-

лицях 7 та 8. Аналіз результатів зразків овочів показав, що вміст ВМ в плодах томатів по Cd, Cr, Cu, Zn, Pb не перевищує ГДК. Вміст ВМ в плодах перцю солодкого по Cr, Cu, Zn, Pb також не перевищує ГДК. Вміст Cd на варіанті з внесенням повного мінерального добрива перевищив ГДК в 1,4 разів.

Варіант з внесенням гною та проведення листового кремнієво-калійного підживлення забезпечив вирощування екологічно-безпечної продукції томатів, яка, з одного боку, найбільш приваблива за мікроелементним складом, а з другого, зовсім не містить таких важких металів, як кадмій та свинець. Отже, на фоні внесення гною дворазове кремнієво-калійне листове підживлення сприяло детокс-ефекту по відношенню до важких металів – поллютантів та також сприяло формуванню більш якісного мікроелементного складу. Для плодів перцю солодкого детокс-ефект виявився по відношенню до свинцю. Дворазове кремнієво-калійне листове підживлення як і для

Таблиця 7

Вміст ВМ в томатах по варіантах досліді, мг/кг

Варіант	ВМ				
	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Контроль	0,00013	0,0074	0,0154	0	0,0813
Контроль+Si	0,0000	0,0362	0,0374	0,0000	0,3969
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	0,0000	0,0024	0,0196	0,0000	0,0522
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> + Si	0,0002	0,0051	0,029	0,0000	0,1680
Гній 30 т/га	0,0004	0,0024	0,039	0,0002	0,0000
Гній 30 т/га +Si	0,0000	0,0101	0,0423	0	0,0349
ГДК [23]	0,03	0,2	5	0,5	10

Таблиця 8

Вміст ВМ в плодах перцю солодкого по варіантах досліді, мг/кг

Варіант	ВМ				
	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Контроль	0,0001	0,0071	0,0028	0,0000	0,0641
Контроль+Si	0,0000	0,01009	0,0081	0,0000	0,3473
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	0,0418	0,0115	0,07217	0,0418	0,4541
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> + Si	0,0121	1,142	1,876	0,461	4,141
Гній 30 т/га	0,0003	0,0102	0,0098	0,2660	0,7055
Гній 30 т/га +Si	0,0020	0,0156	0,0722	0,0153	1,1512
ГДК [23]	0,03	0,2	5	0,5	10

плодів томатів, покращило мікроелементний склад плодів перцю солодкого.

**Розрахунок економічної ефективності окремих прийомів вирощування овочевої продукції** для кожного з агроприймів визначені відповідні витрати на дослідну ділянку. На основі отриманих даних розраховували витрати на 1 га. Результати представлені в таблиці 9.

Враховуючи дані таблиць 6 та 7 розраховано економічний ефект при застосуванні системи добрив для кожної із дослідних ділянок овочевої культури – томатів (1) та перцю солодкого (2). Середня вартість

томатів в Україні в сезон становить 3,5 грн/кг, перцю солодкого – 4 грн/кг. Результати розрахунку представлені в таблиці 10.

Загальна (абсолютна) економічна ефективність природоохоронних витрат визначена як відношення річного приросту обсягу товарної продукції з 1 га угідь до суми витрат, які викликали цей ефект:

$$E_e = \frac{\text{Ефект}}{\text{Витрати}}$$

Результати розрахунку ефективності по варіантам досліді наведено у таблиці 11.

Таблиця 9

Витрати на вирощування овочевої продукції на досліджуваних ділянках

Статті витрат	Витрати			
	томати		перець солодкий	
	грн/ділянку	грн/га	грн/ділянку	грн/га
Вартість інструментів (оприскувач, інший інвентар)	430	430	430	430
Саджанці	28,8	288	12	480
Внесення Квантум Аквасил	34,8	232	17,5	232
Внесення напівперепрілого гною	23,3	233	11,7	233
Внесення аміачної селітри	6	60	3	60
Внесення суперфосфату гранульованого	10,4	104	5,26	104
Внесення калімагnezії	8,5	85	4,32	85
Витрати на оплату праці	336	3360	168	3360

Таблиця 10

Економічний ефект при застосуванні різних систем добрив на досліджуваних ділянках, грн.

Варіант дослідної ділянки	Обсяг товарної продукції з 1 га угідь до та після проведення заходу, грн.					
	томати			перець солодкий		
	до	після	ефект	до	після	ефект
Контроль	52500	52500	0	35200	35200	0
Контроль+Si	52500	66850	14350	35200	43200	8000
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	52500	63700	11200	35200	48000	12800
N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> + Si	52500	70700	18200	35200	56000	20800
Гній 30	52500	77700	25200	35200	40000	4800
Гній 30 +Si	52500	98700	46200	35200	56000	20800

Таблиця 11

Результати розрахунку економічної ефективності по варіантам дослідів

Дослідні ділянки	Контроль	Контроль + Si	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> + Si	Напів-перепрілий гній	Напів-перепрілий гній + Si
<b>Показник</b>						
<i>Овочева культура - помідори</i>						
Приріст обсягу товарної продукції, грн./га	0	14350	11200	18200	25200	46200
Витрати на овочеву ділянку, грн/га	4078	4310	4327	4559	4311	4543
Ефективність	0	3,33	2,59	3,99	5,85	10,14
<i>Овочева культура – перець солодкий</i>						
Приріст обсягу товарної продукції, грн./га	0	8000	12800	20800	4800	20800
Витрати на овочеву ділянку, грн/га	4270	4502	4519	4751	4503	4735
Ефективність	0	1,78	2,83	4,38	1,06	4,39

Найбільш рівень економічної ефективності для овочевої культури – помідори отримано на ділянці з внесенням напівперепрілого гною + 2 позакорневих підживлення, найменшу – на ділянці з внесенням мінеральних добрив.

Найбільший рівень економічної ефективності для овочевої культури – перець

солодкий отримано на ділянці з внесенням напівперепрілого гною + 2 позакорневих підживлення.

Тобто, дані таблиці 11 свідчать, що найбільш економічно ефективним є вирощування овочів на ділянці з внесенням органічних добрив та подвійним кремнієво-калійним листовим підживленням.

### Висновки

Розрахунок сумарного показника забруднення показав, що використані агроприйоми не спричиняють забруднення ґрунту важкими металами. Ґрунт дослідної ділянки за показниками поліелементного забруднення відноситься до незабруднених по всіх варіантах дослідів.

Оцінка мікроелементного статусу ґрунту показала низький рівень забезпе-

ності рухомими формами фізіологічно необхідних мікроелементів. Разове внесення гною в дозі 30 т/га недостатньо для підвищення рівня забезпеченості, цій агроприйом потрібно реалізувати регулярно.

Статистична обробка урожайних даних томатів показала достовірну прибавку урожаю при застосуванні позакореневого кремнієво-калійного підживлення, також



достовірною виявилась прибавка урожаю за фактором А (позакореневе підживлення) для перцю солодкого.

Достовірну прибавку урожаю забезпечило внесення повного мінерального добрива.

Максимальна прибавка урожаю томатів та перцю солодкого визначена в досліджах на фоні внесення гною та некореневого живлення кремнієво-калійним добривом. Такий же результат отриманий і для варіанту з внесенням повного мінерального добрива та некореневого живлення кремнієво-калійним добривом. Вирощування томатів та перцю солодкого при застосуванні мінеральної та органічної систем добрива та дворазового кремнієво-калійне листове

підживлення сприяє отриманню достовірних прибавок урожаю високої екологічної якості.

На фоні внесення гною дворазове кремнієво-калійне листове підживлення сприяло детокс-ефекту в плодах томатів по відношенню до кадмію та свинцю, в плодах перцю солодкого по відношенню до свинцю, та покращило мікроелементний склад плодів томатів та перцю солодкого.

Таким чином, найбільш доцільним з еколого-економічної точки зору є вирощування овочевих культур (помідор та перцю солодкого) з внесенням органічних добрив та подвійним кремнієво-калійним листовим підживленням.

### Література

1. Бочарникова Е. А., Матыченков В. В., Матыченков И. В. Кремниевые удобрения и мелиоранты: история изучения, теория и практика применения. *Агрохимия*. 2011. № 7. С. 84 – 96.
2. Ваденин И. Г. Методические указания по агрохимическому обслуживанию и картографированию почв на содержание микроэлементов. М. : Изд-во ВАСХНИЛ, 1976. 212с.
3. Галушкіна Т.П. Економіка природокористування. Навчальний посібник. Харків: Бурун Книга, 2009. 480 с.
4. Гололобова О. О., Телегіна Н. Є., Толстякова В. В. Дія кремнієво-калійного листового підживлення на вміст біогенних елементів та детокс-ефект в міських зелених насадженнях. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2015. №3-4. С.103 – 109.
5. ГОСТ 17.4.3.06-86. Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ.
6. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Минерализация для определения содержания токсичных элементов (Сировина і продукти харчові. Підготування проб. Мінералізація для визначення вмісту токсичних елементів).
7. Гуцуляк В. М. Ландшафтно – геохімічна екологія . Ч.: Рута, 2001. 248 с.
8. Детоксикація важких металів у ґрунтовій системі. Методичні рекомендації. Укладачі: д. с.-г. н., професор Фатєєв А. І.; к. с.-г. н., ст. н. с. Самохвалова В. Л. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 70 с.
9. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт-рослина. За редакцією д.с.-г. наук, професора Фатєєва А. І., к.с.-г. наук Самохвалової В. Л. Харків: КП «Міськдрук», 2012. 146 с.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп и перераб. М. ; Агропромиздат, 1985. 351 с.
11. ДСТУ 4770.1 - 9:2007 Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук марганцю (цинку, кадмію, заліза, кобальту, міді, нікелю, хрому, свинцю) в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії К. : Держспоживстандарт України. 2009. 117 с.
12. ДСТУ4287-2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. К. : Держспоживстандарт України. 2005. 5 с.
13. Козлов А. В. , Куликова А. Х., Яшин Е. А. Роль и значение кремния и кремниесодержащих веществ в агроэкосистемах. *Вестник Мининского университета*, 2015, № 2. URL: <http://vestnik.mininuniver.ru/upload/iblock/181/23-rol-i-znachenie-kremniya-i-kremniysoderzhashchikh-veshchestv-v-agroekosistemakh.pdf>
14. Колесникова Е.В. Экологическая оценка содержания тяжелых металлов в пищевом сырье и продуктах питания Томской области: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. биол. Наук: спец. 03.00.16 «Экология». Новосибирск, 2002. 177с.
15. Концепція агрохімічного забезпечення землеробства України на період до 2015 року. За ред. акад. УААН С. А. Балюка, М. В. Лісового. Х. : Міськдрук, 2009. 37 с.
16. Купчик Е. Ю. Определение содержания тяжелых металлов в овощах и фруктах, произрастающих в пределах влияния коммунального предприятия. /Економічний простір регіону в інтеграційній стратегії розвитку : колективна монографія. Під заг.ред. М.П. Бутка. К. : Кондор-Видавництво, 2016 С. 372 –378.
17. Матыченков В. В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва растение / Автореф. дисс. докт. биол. наук, Пушино, 2008. 34 с.
18. Матыченков И. В. Взаимное влияние кремниевых, фосфорных и азотных удобрений в системе почва-растение : дис. канд. биол. наук : 06.01.04 – агрох. Москва, 2014. 136 с.

19. Медведев В. В. Мониторинг почв Украины. Концепция. Итоги. Задачи. (2-е издание). Харьков. : КП «Городская типография». 2012. 536 с.
20. Методические рекомендации по оценке загрязнения городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами. Сост. : В. А. Большаков, Ю. Н. Водяницкий, Т. И. Борисочкина, З. Н. Кахнович, В. В. Мясников. М. : Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 1999. 30 с.
21. Овчинникова І. Ф., Чернова Н. А. Визначення вмісту солей важких металів у різних ботанічних сортах часнику, вирощених у різних регіонах. *Наук. зап. Вінницького держ. ун-ту. Сер. Географія*. 2009. Вип. 19. С. 311–315.
22. Основы экологии. Экологична економіка та управління природокористуванням: Підручник. За аг. Ред. д.е.н., проф. Л.Г.Мельника та к.е.н., проф. М.К.Шапочки. Суми: ВТД «Університетська книга», 2005. 759 с.
23. Прайс В. Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия. Пер. с англ. М. : Мир, 1976. 360 с.
24. СанПин 42-123-4089-86. Предельно-допустимые концентрации концентрация тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах. М. :1986.
25. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 151 с.
26. Янтурин С.И. , Прошкина О. Б. Содержание тяжелых металлов в овощах, произрастающих в различных районах промышленного центра черной металлургии. *Фундаментальные исследования. Сер. Биологические науки*. 2012. № 9. С. 595–597.
27. Savant, N.K. Silicon management and sustainable rice production. *Adven. Agron. Acad. Press. San Diego: CA (USA)*. 1997. Vol. 58. P. 151-199.

### *References*

1. Bocharnikova, E. A., Matychenkov, V. V., Matychenkov, I. V. (2011). Kremniyevye udobreniya i melioranty: istoriya izucheniya, teoriya i praktika primeneniya [ Silicon fertilizers and ameliorants: history of study, theory and practice of application]. *Agrochemistry*, 7, 84 – 96 [in Russian].
2. Vazhenin, I. G. (1976). Metodicheskie ukazaniya po agrohimicheskomu obsluzhivaniyu i kartografirovaniyu pochv na sodержanie mikroelementov [Methodical instructions for agrochemical maintenance and mapping of soils for the maintenance of microelements]. Moscow, Russia: Izd-vo VASKHNIL, 212 [in Russian].
3. Halushkina T.P. (2009). *Ekonomika pryrodokorystuvannya* [ Economics of nature use]. Kharkiv: Burun Book, 480 [in Ukrainian].
4. Hololobova, O. O., Telehina, N. Ye., Tolstyakova ,V. V. (2015). Diya kremniyevo-kaliynoho lystovoho pidzhylennya na vmist biohennykh elementiv ta detoks-efekt v mis'kykh zelenykh nasadzhennyakh [Effect of silicon- potassium foliar application on content of nutrients and the detox-effect in urban green areas]. *Man and the environment. Issues of neoecology*, 3-4, 103 – 109 [in Ukrainian].
5. GOST 17.4.3.06-86. Ohrana prirody. Pochvy. Obshchie trebovaniya k klassifikacii pochv po vliyaniiu na nih himicheskikh zagryaznyayushchih veshchestv [Protection of Nature. Soil. General requirements for the classification of soils on the impact of chemical pollutants on them] [in Russian].
6. GOST 26929-94. Syr'e i produkty pishchevye. Mineralizaciya dlya opredeleniya sodержaniya toksichnykh ehlementov [Raw materials and food products. Mineralization to determine the content of toxic elements] [in Russian].
7. Hutsulyak, V. M. (2001). Landshaftno – heokhimichna ekolohiya [Landscape - geochemical ecology]. Ch.: Ruta, 248 [in Ukrainian].
8. Fatyeyev, A. I. Samokhvalova, V. L. (2012). Detoksykatsiya vazhkykh metaliv u gruntoviy systemi. Metodychni rekomendatsiyi [Detoxification of heavy metals in the soil system. Guidelines]. Kharkiv: KP «Mis'kdruk», 70 [in Ukrainian].
9. Fatyeyev, A. I. Samokhvalova, V. L. (2012). Diahnastyka stanu khimichnykh elementiv systemy grunt-roslyna [Diagnostics of the state of chemical elements of the soil-plant system]. Kharkiv: KP «Mis'kdruk», 146 [in Ukrainian].
10. Dospikhov, B. A. (1985). Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Russia; Agropromizdat, 351 [in Russian].
11. DSTU 4770.1 - 9:2007 Yakist' hruntu. Vyznachennya vmistu rukhomykh spoluk marhantsyu (tsynku, kadmiyu, zaliza, kobal'tu, midi, nikelyu, khromu, svyntsyu) v hruntі v buferniy amoniyno-atsetatniy vytyazhtsi z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiynoyi spektrofotometriyi [Quality of soil. The value of the content of mobile compounds of manganese (zinc, cadmium, iron, cobalt, copper, nickel, chromium, lead) in soil in a buffer ammonium acetate extract with a pH of 4.8 by atomic absorption spectrophotometry]. (2009). Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 117[in Ukrainian].
12. DSTU4287-2004 Yakist' hruntu. Vidby-rannya prob [Quality of soil. Reflections of early samples].(2005). Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 5 [in Ukrainian].
13. Kozlov, A. V., Kulikova, A. H., Yashin, E. A. (2015). Rol' i znachenie kremniya i kremniesoderzhashchih veshchestv v agroekosistemah [The role and importance of silicon and silicon-containing substances in agroecosystems]. *Bulletin of the University of Minin*, 2. URL: <http://vestnik.mininuniver.ru/upload/iblock/181/23-rol-i-znachenie-kremniya-i-kremniesoderzhashchikh-veshchestv-v-agroekosistemakh.pdf> [in Russian].

14. Kolesnikova, E.V. (2002). *Ekologicheskaya ocenka soderzhaniya tyazhelykh metallov v pishchevom syr'e i produktah pitaniya Tomskoj oblasti* [Ecological assessment of heavy metals in food raw materials and food products in the Tomsk region]. Novosibirsk, 177 [in Russian].
15. Balyuk, S. A., Lysovoy, M. V. ed. (2009). *Kontseptsiya ahrokhimichnoho zabezpechennya zemlerobstva Ukrainy na period do 2015 roku*. [Concept of agrochemical support of agriculture of Ukraine for the period till 2015]. Kharkiv: Mis'kdruk, 37 [in Ukrainian].
16. Kupchik, E. YU. (2016). *Opreделение soderzhaniya tyazhelykh metallov v ovoshchah i fruktah, proizrastayushchih v predelakh vliyaniya kommunal'nogo predpriyatiya* [Determination of the content of heavy metals in vegetables and fruits that grow within the influence of the communal enterprise]. Economic space of the region in the integration strategy of development. Kiev: Condor Publishing, 372-378 [in Russian].
17. Matychenkov, V. V. *Ro' podvizhnykh soedinenij kremniya v rasteniyah i sisteme pochva rastenie* [The role of mobile silicon compounds in plants and soil system plant]. Pushchino, 34 [in Russian].
18. Matychenkov, I. V. (2014). *Vzaimnoe vliyanie kremnievykh, fosfornykh i azotnykh udobrenij v sisteme pochva-rastenie* [The mutual influence of silicon, phosphoric and nitrogen fertilizers in the soil-plant system]. Moscow, Russia, 136 [in Russian].
19. Medvedev, V. V. (2012). *Monitoring pochv Ukraini. Konceptsiya. Itogi. Zadachi.* [Monitoring of soils of Ukraine. Concept. Results. Tasks.] Hharkov. : City Printing House, 536 [in Ukrainian].
20. Bol'shakov, V. A., Vodyanickij, YU. N., Borisochkina, T. I., Kahnovich, Z. N., Myasnikov, V. V. (1999). *Metodicheskie rekomendacii po ocenke zagryazneniya gorodskih pochv i snezhnogo pokrova tyazhelymi metallami* [Methodical recommendations for assessing the pollution of urban soils and snow cover with heavy metals]. : M. : Pochvennyj institut im. V. V. Dokuchaeva, 30 [in Russian].
21. Ovchinnikova, I. F., Chernova, N. A. *Vyzna-chennya vmistu soley vazhkykh metaliv u riznykh botanichnykh sortakh chasnyku, vyroshchennykh u riznykh rehionakh* [Determination of the content of heavy metal salts in various botanical varieties of garlic grown in different regions]. Scientific notes of Vinnitsa State University. Series Geography, 19, 311–315 [in Ukrainian].
22. Mel'nyk, L. H., Shapochka, M. K. (2005). *Osnovy ekolohiyi. Ekolohichna ekonomika ta upravlinnya pryrodokorystuvannjam* [Principles of Ecology. Ecological Economics and Environmental Management]. Sumy: University book, 2005. 759 [in Ukrainian].
23. Prais, V. *Analiticheskaya atomno-absorbcionnaya spektroskopiya* [Analytical Atomic Absorption Spectroscopy.]. Moscow: World, 360 [in Russian].
24. SanPin 42-123-4089-86. *Predel'no-dopustimye koncentracii koncentracii tyazhelykh metallov i mysh'yaka v prodovol'stvennom syr'e i pishchevykh produktah* [The maximum permissible concentrations of heavy metals and arsenic in food raw materials and food products]/91986). Moscow [in Russian].
25. Il'in, V. B. (1991). *Tyazhelye metally v sisteme pochva – rastenie* [Heavy metals in the soil-plant system]. Novosibirsk: Science. Sib. Detachment, 151 [in Russian].
26. Yanturin, S.I. , Proshkina, O. B. (2012). *Soderzhanie tyazhelykh metallov v ovoshchah, proizrastayushchih v razlichnykh rajonah promyshlennogo centra chernoj metallurgii* [The content of heavy metals in vegetables growing in various areas of the industrial center of ferrous metallurgy]. Fundamental research. Ser. Biological Sciences, 9, 595–597 [in Russian].
27. Savant, N.K. (1997). *Silicon management and sustainable rice production*. Adven. Agron. Acad. Press. San Diego: CA (USA), 58, 151-199 [in English].

Надійшла до редколегії 27.04.2017