

## ВПЛИВ ДОБРИВА МОНОКАЛІЙФОСФАТ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР ТА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ І БЕЗПЕЧНОСТІ ПЛОДІВ

Г.Д. Матусевич<sup>1</sup>, О.М. Багацька<sup>2</sup>, А.Г. Кудрявцева<sup>2</sup>,  
А.П. Гринько<sup>2</sup>, О.Д. Шабалков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут агроєкології і природокористування НААН  
(м. Київ, Україна)

e-mail: [matusевичgalina1971@gmail.com](mailto:matusевичgalina1971@gmail.com); ORCID: 0009-0008-6513-5287

<sup>2</sup> Державне підприємство «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені акад. Л.І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України»  
(м. Київ, Україна)

e-mail: [bagazkaj@ukr.net](mailto:bagazkaj@ukr.net); ORCID: 0009-0002-3372-2352

e-mail: [amulka76@gmail.com](mailto:amulka76@gmail.com); ORCID: 0000-0002-6988-6140

e-mail: [alla.grynko.medved@gmail.com](mailto:alla.grynko.medved@gmail.com); ORCID: 0000-0002-2865-0385

e-mail: [damian23shab@gmail.com](mailto:damian23shab@gmail.com); ORCID: 0009-0006-2599-8454

Проведено дослідження нового мінерального добрива — монокалійфосфату щодо впливу на ростові процеси, врожайність овочевих культур, показники якості і безпечності плодів. Вивчено ефективність добрива в умовах відкритого ґрунту на рослинах томатів та огірків, визначено його вплив на ріст і розвиток культур за різних норм використання. Встановлено, що за використання монокалійфосфату висота рослин томатів зростає — на 6,7–8,2 см, діаметр стебла — на 0,9–1,2 см, площа листків — на 4,2–9,7 дм<sup>2</sup> стосовно контролю; висота рослин огірків — на 9,4–41,5 см, діаметр стебла — на 0,2–0,5 см щодо контролю. За позакореневого підживлення рослин відкритого ґрунту добривом монокалійфосфат фіксували підвищення врожайності томатів на 15,9–18,8%, огірків 26,9–51,6% та якісних показників стосовно контрольного варіанта. Вміст сухої речовини, цукрів, вітаміну С визначають якість плодів овочевих культур. Уміст сухої речовини становив 4,1–4,8%, що на 0,2–0,9% більше, ніж на контролі. Вміст цукрів, вітаміну С мали аналогічну тенденцію до збільшення. Якщо на контролі їх вміст був 1,1% та 13,7 мг/кг, то за застосування добрива вміст цукрів зріс на 0,6–1,5%; вітаміну С — на 11,2–18,2% відповідно. Показники якості томатів також мали аналогічну тенденцію до збільшення. За вмістом важких металів (Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Co, As, Hg) та природних радіонуклідів добриво, монокалійфосфат відповідає чинним вітчизняним та європейським нормативним документам. Сільськогосподарська продукція, вирощена за застосування добрива, відповідає гігієнічним вимогам щодо вмісту важких металів (Cu, Zn, Cd, Pb) і є екологічно безпечною для людини.

**Ключові слова:** мінеральне живлення, біометричні показники, суха речовина, вітамін С, врожайність, важкі метали, радіонукліди.

### ВСТУП

Вирощування сільськогосподарських культур потребує збалансованого живлення тому, використання мінеральних добрив наразі є обов'язковим елементом технології їх вирощування. Так, на думку американських учених, 41% урожайності культур залежить від добрив, 8 — якості насіння, 15–20 — застосування гербіцидів, 5% — зрошення, 15 —

погодних умов, 11–18% — інших чинників (ґрунтово-кліматичних умов, сортової особливості культури тощо). Використання мінеральних добрив насичує ґрунт поживними речовинами й важливими мікроелементами, підвищує врожайність та якість сільськогосподарських культур, покращує ріст і розвиток рослин, посилює стійкість рослин проти несприятливих погодних умов, пошкодження шкідниками та ураження збудниками хвороб тощо [1–3].

Разом із тим варто зазначити, що надмірне використання мінеральних та органічних добрив може становити небезпеку як для навколишнього природного середовища, так і для здоров'я людей. За використання мінеральних добрив погіршується кругообіг і баланс поживних речовин, змінюються агрохімічні властивості ґрунту та підвищується його кислотність, нагромаджуються нітрати в рослинницькій продукції, знижується продуктивність сільськогосподарських культур тощо [2].

Для того, щоб оцінити можливу негативну дію використання мінеральних добрив для навколишнього природного середовища потрібно знати кількісний і якісний склад мінеральних добрив, у т. ч. уміст токсичних домішок, особливості впливу на ґрунтовий комплекс, кислотно-основні властивості ґрунтового розчину, процеси вилугування та міграції біогенних елементів і токсикантів; активність мікробіологічних та біохімічних процесів у ґрунті, вплив на якість сільськогосподарської продукції [4].

Тому в сучасних умовах ведення сільськогосподарства залишається актуальним пошук нових видів мінеральних добрив та вивчення їх впливу на сільськогосподарські рослини.

**Метою наших досліджень** було визначення впливу нового мінерального добрива на ріст і розвиток овочевих культур та якість і безпечність вирощеної продукції.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Мінеральне живлення є ключовим чинником для забезпечення нормального росту та розвитку овочевих культур. Врожайність та якість овочевих культур значною мірою залежить від забезпечення рослин основними елементами живлення, серед яких найважливішими є нітроген, фосфор, калій. Так, нітроген є ключовим макроелементом для росту та розвитку рослин, збільшує врожайність і покращує якість овочів. Фосфор прискорює дозрівання, стимулює плодоношення, сприяє інтенсивному наростанню кореневої системи,

чим підвищує посухостійкість рослин. Калій підтримує необхідний водний режим у рослин, сприяє утворенню цукрів та накопиченню їх у товарній частині продукції, сприяє збільшенню розміру й маси овочів, а також забезпечує стійкість рослин до несприятливих умов навколишнього середовища. Отже, оптимальне мінеральне живлення є необхідною умовою для досягнення високої врожайності та якості овочевих культур [5; 6].

Водночас значну небезпеку для навколишнього природного середовища та рослин становлять баластні речовини, що містяться в азотних, фосфорних, калійних і комплексних добривах та мають у своєму складі токсичні домішки (кадмій, цинк, свинець, ртуть, фтор, алюміній тощо) й радіонукліди [7]. Агроекологічною оцінкою мінеральних добрив та їх нових видів займалися вчені Інституту агроекології і природокористування НААН, зокрема Н.А. Макаренко, В.П. Пагика [8]. У дослідженнях Мудрак Г.В. відображено негативні екологічні наслідки забруднення ґрунтів важкими металами [9]. За літературними даними за внесення фосфорних добрив у ґрунт надходить до 138,1 мг/кг свинцю, 2,7 кадмію, 1230,1 цинку, 155,1 міді, 4,6 мг/кг ртуті; за внесення калійних добрив 196,5 мг/кг свинцю, 186,4 міді, 182,3 мг/кг цинку [10].

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження добрива монокалійфосфат (МКФ) з вмістом  $P_2O_5$  —  $52,0\% \pm 0,5\%$  та  $K_2O$  —  $34,0\% \pm 1,0\%$  (виробництво компанії Rotem Amfert Negev LTD, Ізраїль) проводилися на дослідних полях Сквирської дослідної станції органічного виробництва Інституту агроекології і природокористування НААН.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки: чорноземи глибокої малогумусні, середньосуглинкового складу на карбонових породах та на лесі. Орний шар характеризувався такими агрохімічними показниками, що визначалися під час проведення польових досліджень:  $pH_{\text{сол.}}$  — 6,65; вміст гумусу

(за Тюриним) — 4,25%, легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) — 124,25 мг/кг, обмінного калію і рухомого фосфору (за Чириковим) — відповідно 119,2 мг/кг і 126,1 мг/кг ґрунту.

Дослідження здійснювали на овочевих культурах: огірки сорту Кущовий, томати сорту Віраж.

Схема досліду включала варіанти:

- контроль (без внесення добрив);
- листкове підживлення томатів із нормами витрати МКФ: 5,0 кг/га та 15 кг/га;
- листкове підживлення огірків із нормами витрати МКФ: 10,0 кг/га та 20,0 кг/га.

Добриво вносили впродовж вегетації рослин шестикратно.

Визначення впливу МКФ на біометричні показники та якість овочевих культур проводили в Інституті агроєкології і природокористування НААН.

Гігієнічну оцінку добрива МКФ та вплив на безпечність овочевих культур щодо вмісту важких металів (ВМ) проводили в «Дослідницько-випробувальному токсикологічному центрі» (ДВТЦ) Державного підприємства «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені акад. Л.І. Медведя МОЗ України». Дослідження здійснювали відповідно до стандартизованих методів, що входять до Сфери акредитації ДВТЦ, акредитованому згідно з вимогами ДСТУ ISO/IEC 17025:2019 (Атестат акредитації Національного агентства з акредитації України від 23.03.2023 р. № 20375).

Вилучення валових форм ВМ (Zn, Ni, Co, Cd, Cu, Pb, As, Hg та Mn) у добриві проводили концентрованою азотною кислотою з подальшим розкладанням у мікрохвильовій системі MARS-6 SEM Co. відповідно до ДСТУ ISO 17318:2017 [11].

Рухомі форми ВМ (Zn, Ni, Co, Cd, Cu, Pb) вилучали амонійно-ацетатним буфером з рН 4,8 згідно з ДСТУ 4770 частини 2, 3, 5, 6, 7, 9 [12–17].

Кількісне вимірювання вмісту важких металів у відповідних витяжках здійснювали атомно-емісійним методом з індуктивнозв'язаною плазмою (ICP-AES) відповідно до ISO 22036:2008 [18].

Межі кількісного визначення валових/рухомих форм ВМ у МКФ, мг/кг: Zn — 0,07/0,01; Cu — 0,24/0,02; Ni — 0,12/0,01; Co — 0,2/0,015; Cd — 0,05/0,004; Pb — 0,8/0,04; As — 0,12/не визначалися, Mn — 0,01/не визначалися; Hg — 0,12/не визначалися.

Визначення вмісту свинцю, кадмію, міді та цинку у помідорах та огірках проводили згідно з методичними інструкціями, розробленими в ДВТЦ. Межі кількісного визначення, мг/кг: Zn — 0,007; Cd — 0,006; Pb — 0,05; Cu — 0,03.

Визначення питомої активності природних радіонуклідів здійснювали згідно з МВВ № 07-119:2011 [19]. Статистичне опрацювання результатів виконували за допомогою програмних пакетів Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На основі проведених досліджень встановлено, що залежно від норми витрати мінерального добрива змінювалися біометричні показники овочевих культур. Використання МКФ для підживлення томатів у період вегетації з нормами внесення 5,0 кг/га та 15 кг/га збільшувало: висоту рослин — на 5,7% та 7,0% відповідно, діаметр стебла — на 25,7% і 33,3% відповідно, площу листків — на 4,0% й 9,3% відповідно стосовно контролю. На огірках також відмічали зростання біометричних показників культури відповідно до норми внесення 10 кг/га та 20 кг/га: висоти головного стебла — на 8,3% і 36,3%, діаметра стебла — на 22,3% й 50,0%, кількості рослин — на 1,8 та 14,3% щодо контролю.

Важливими показниками овочевих культур є врожайність та якість плодів. Урожайність томатів за позакореневого підживлення МКФ зростала порівняно з контрольним варіантом (без унесення добрива) за рахунок зростання біометричних показників. Урожайність томатів за застосування добрива становила 48,0–49,2 т/га, що на 6,6–7,8 т/га більше, ніж у контролі (табл. 1). Також зросли й інші показники врожайності — середня маса плоду на 4,7–10,1%.

Таблиця 1. Урожайність та якість томатів сорту Віраж за застосування добрива МКФ

Показник	Варіанти дослідю		
	контроль	МКФ, 5 кг/га	МКФ, 15 кг/га
Урожайність, т/га	41,4±0,87	48,0±0,91	49,2±0,27
Суша речовина, %	6,5±0,25	7,3±0,15	7,7±0,21
Сума цукрів, %	3,1±0,15	3,9±0,16	4,2±0,17
Каротин, мг/кг	12,9±0,35	13,7±0,19	14,7±0,45
Вітамін С, мг/кг	15,2±0,37	16,1±0,44	17,1±0,40
Середня маса плоду, г	178,7±1,21	187,1±2,20	196,8±3,40

Плоди томатів відносяться до найбільш цінних овочевих продуктів у поживному та смаковому відношенні. Вони містять значну кількість аскорбінової кислоти, каротину, мінеральних солей та органічних кислот тощо. Відомо, що внесення калію та фосфору підвищує вміст розчинних цукрів у томатах. Так, позакореневе підживлення томатів МКФ підвищило вміст цукрів на 0,8% та 1,1% відповідно до норми внесення порівняно з контрольним варіантом 3,1%.

Вміст сухої речовини, вітаміну С та каротину мали аналогічні тенденції до збільшення. Якщо в контролі їх вміст становив 6,5%, 15,2 мг/кг, та 12,9 мг/кг відповідно, то у разі застосування добрива їх кількість у вирощених томатах зростала: сухої речовини на 0,8% й 1,2%; вітаміну С – на 5,9% і 13,0%; каротину – на 6,2% та 13,7% відповідно до норм внесення.

Позакореневе підживлення огірків МКФ забезпечило підвищення врожайності на 0,8 т/га та 1,6 т/га відповідно до норм внесення порівняно з контролем, урожайність на якому становила 3,1 т/га (табл. 2).

Якісні показники також мали тенденцію до зростання залежно від норми внесення МКФ (див. табл. 2).

Мінеральні добрива, як домішки можуть містити ВМ (свинець, кадмій, нікель, кобальт, цинк, мідь та ін.) й радіонукліди. Тому в агрохімікатах необхідно контролювати концентрацію ВМ, які за ступенем небезпеки належать до високонебезпечних (І клас) – Cd, Pb, Zn та до помірнебезпечних (II клас) – Cu, Ni, Co.

Враховуючи, що токсичні властивості ВМ виявляються у рухомому стані, тобто можуть мати фітотоксичну дію, мігрувати за профілем ґрунту та впливати на ґрунтову мікробіоту, важливо визначати у складі добрив поряд із валовим вмістом, кількість рухомих форм ВМ.

Результати досліджень вмісту ВМ у складі добрива МКФ наведено в табл. 3.

Дані результатів свідчать, що добриво МКФ у своєму складі містить незначну кількість важких металів як у валовій, так і рухомій формах.

Вміст валових форм ВМ у складі добрива МКФ було оцінено відповідно до віт-

Таблиця 2. Урожайність та якість огірків сорту Кущовий за застосування добрива МКФ

Показник	Варіанти дослідю		
	контроль	МКФ, 10 кг/га	МКФ, 20 кг/га
Урожайність, т/га	3,1±0,20	3,9±0,25	4,7±0,37
Суша речовина, %	3,9 ±0,10	4,1±0,05	4,8±0,19
Вітамін С, мг/кг	13,7±0,37	15,2±0,48	16,2±0,44
Сума цукрів, %	1,1±0,11	1,7±0,15	2,6±0,29

Таблиця 3. Вміст важких металів у складі добрива МКФ

Показник	Результати досліджень ВМ, мг/кг		Норми ВМ, мг/кг	
	валова форма	рухома форма	ДСТУ 4944:2008	Регламент (ЄС) 1009/2019
Zn	0,7±0,02	0,19±0,04	5100	—
Cu	<0,24	<0,02	5800	—
Ni	0,18±0,02	0,15±0,04	9500	100
Co	<0,2	<0,015	2800	—
Pb	<0,8	<0,04	3400	120
Cd	<0,05	<0,004	240	60
Mn	0,05±0,01	—	—	—
As	1,5±0,02	—	—	40
Hg	<0,02	—	—	1

чизняних (ДСТУ 4944:2008) та європейських (Регламент (ЄС) 1009/2019) вимог [20; 21]. Отримані дані свідчать, що вміст валових форм ВМ у складі добрива МКФ знаходиться в межах рекомендованих величин відповідно до вітчизняних та європейських стандартів (див. *табл. 3*).

Також було розраховано максимальну кількість ВМ, що може надійти до орного шару ґрунту в разі застосування добрива МКФ згідно з ДСТУ 4944:2008.

За розрахунковими даними за застосування одноразової максимальної норми витрати добрива МКФ — 20 кг/га до орного шару (0–15 см) ґрунту надійдуть важкі метали у концентраціях, що значно нижчі за встановлені гранично до-

пустимі концентрації (ГДК) для ґрунту (*табл. 4*).

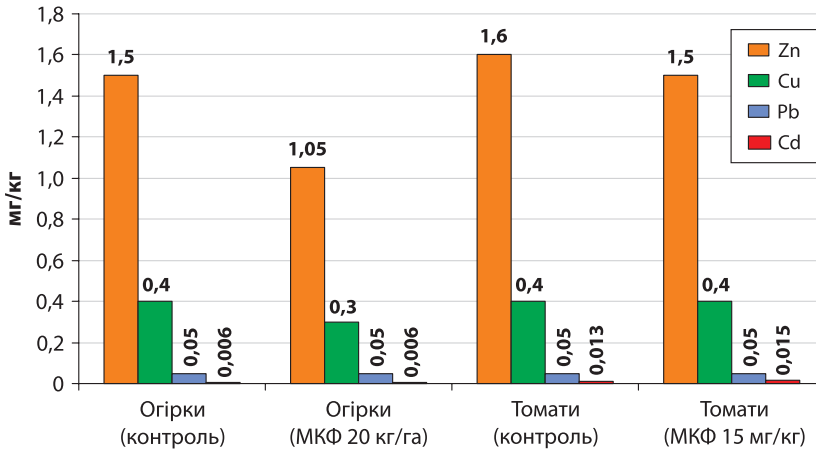
Перевищення допустимих концентрацій ВМ не прогнозується навіть за 8-кратного застосування добрива МКФ.

Отже, вміст важких металів у складі добрива МКФ не перевищує допустимі концентрації згідно з ДСТУ 4944:2008 та Регламенту (ЄС) 1009/2019. Застосування добрива з урахуванням біологічно обґрунтованих норм витрат не призведе до істотного підвищення валових (Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd, As, Mn, Hg) та рухомих (Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd) форм ВМ у ґрунті.

Результати досліджень щодо вмісту природних радіонуклідів показали, що до-

Таблиця 4. Рівень можливого разового надходження ВМ з добривом МКФ у ґрунт

Показник	Рівень разового надходження ВМ з добривом у ґрунт, мг/кг		ГДК у ґрунті, мг/кг	
	валова форма	рухома форма	валова форма	рухома форма
Zn	$2 \times 10^{-5}$	$4,8 \times 10^{-6}$	100	23
Cu	$6 \times 10^{-6}$	$5,1 \times 10^{-7}$	55	3
Ni	$4 \times 10^{-6}$	$3,8 \times 10^{-6}$	85	4
Co	$5 \times 10^{-6}$	$3,8 \times 10^{-7}$	50	5
Pb	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-6}$	32	6,0
Cd	$1 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-7}$	1,5	0,7
Mn	$1 \times 10^{-6}$	—	1500	—
As	$4 \times 10^{-5}$	—	2	—
Hg	$5 \times 10^{-7}$	—	2,1	—



Вміст ВМ (Zn, Cu, Pb, Cd) в огірках та помідорах, вирощених за застосування добрива МКФ

брово МКФ відповідає чинним нормам України — НРБУ-97 [22]: рівень дій питомої активності природних радіонуклідів ( $A_{\text{ef}}$ ) становить —  $39,4 \pm 11,2$  Бк/кг, що не перевищує 1900 Бк/кг.

Важливим показником мінерального добрива є його екологічна безпечність. Було визначено вміст ВМ (Zn, Cu, Pb, Cd) у плодах овочевих культур, вирощених за застосування добрива МКФ. Так, вміст цинку, міді, свинцю й кадмію у помідорах та огірках у контрольному (без внесення добрив) і дослідному (із внесенням МКФ) зразках не перевищував гігієнічні нормативи (рис.).

Кількість цинку в огірках та помідорах з контрольного варіанта становила 1,5 мг/кг і 1,6 мг/кг відповідно, в огірках та помідорах у варіанті з добривом МКФ — 1,05 мг/кг й 1,5 мг/кг відповідно. Вміст міді в огірках та помідорах у контрольному варіанті був 0,4 мг/кг, в овочах із варіанта із застосуванням добрива МКФ — 0,3 мг/кг і 0,4 мг/кг відповідно. Визначені величини цинку та міді в овочах не перевищують рекомендовані максимально допустимі рівні для огірків та помідорів: цинку — 10 мг/кг і міді — 5 мг/кг [23].

Уміст свинцю в огірках та помідорах в обох варіантах (контрольного й з МКФ) не перевищував 0,05 мг/кг за максимально допустимого рівня для овочів — 0,1 мг/кг.

Кількість кадмію в огірках становила менше 0,006 мг/кг як у плодах із контрольного варіанта, так і у варіанті з МКФ. У помідорах із контрольного варіанта кадмію було 0,013 мг/кг, з варіанта зі внесенням МКФ — 0,015 мг/кг. Визначені величини кадмію в огірках та помідорах не перевищують встановлений максимальний допустимий рівень для овочів — 0,1 мг/кг.

## ВИСНОВКИ

Застосування добрива МКФ на овочевих культурах (помідори, огірки) забезпечує активізацію ростових процесів у рослинах, підвищує їх продуктивність на 15,9–18,8% для помідорів та на 26,9–51,6% для огірків, покращує якісні показники плодів.

Вміст важких металів (Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Co) у складі добрива МКФ не перевищує допустимі концентрації згідно з ДСТУ 4944:2008 та Регламенту (ЄС) 1009/2019, застосування добрива з урахуванням біологічно обґрунтованих норм витрат не призведе до істотного підвищення валових (Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd, As, Mn, Hg) та рухомих (Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd) форм ВМ у ґрунті.

Сільськогосподарська продукція, вирощена за застосування добрива МКФ, відповідає гігієнічним вимогам щодо вмісту важких металів (Cu, Zn, Cd, Pb) і є безпечною для здоров'я людини.

## ЛІТЕРАТУРА

- Гамаюнова В.В., Хоненко Л.Г., Бакланова Т.В. та ін. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. *Наукові горизонти*. 2020. № 2 (87). С. 89–101. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-102-110>.
- Палала Н.В., Дем'янюк О.С., Нагорнюк О.М. Продовольча безпека України: стан та актуальні питання сьогодення. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 34–45. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263314>.
- Вожегова Р.А., Димов О.М. Застосування добрив як запорука збереження родючості ґрунтів і стійкого розвитку сільськогосподарського виробництва. *Таврійський науковий вісник. Землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво*. 2016. № 96. С. 21–31.
- Мальований М.С., Тимчук І.С. Негативний вплив мінеральних добрив на агроєкосистему та його мінімізація методом капсулювання добрив. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2012. № 2 (52). С. 116–123.
- Дем'янюк О.С., Шерстобоева О.В., Опришко Н.О. та ін. Вплив погодних умов під час вегетації на біологічну активність у ризосфері та врожайність огірка. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 3. С. 187–191.
- Дем'янюк О.С., Глушенко Л.А., Симочко Л.Ю. Розвиток галузі овочівництва в умовах Закарпаття: перспективи та проблеми сьогодення. *Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 7–8 лип. 2022 р.). Київ, 2022. С. 98–101.
- Куліджанов Е.В., Голубченко В.Ф., Віляєва С.Д., Грицай Т.Л. Необхідність у моніторингу мінеральних добрив на вміст забруднюючих речовин. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 147–151. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263330>.
- Патика В.П., Макаренко Н.А., Моклячук Л.І. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: моногр. /за ред. В.П. Патики. Київ: Основа, 2005. 300 с.
- Шевчук В.Д., Мудрак Г.В., Франчук М.О. Екологічна оцінка інтенсивності забруднення ґрунтів важкими металами. *Colloquium-journal. Agricultural Sciences*. 2021. №10 (97). С. 40–46. DOI: [10.24412/2520-6990-2021-1097-40-46](https://doi.org/10.24412/2520-6990-2021-1097-40-46).
- Квачук О.П., Яковець Л.А. Особливості забруднення зернової продукції важкими металами в умовах Вінницької області. *Сільське господарство та лісівництво. Сер. Екологія та охорона навколишнього середовища*. 2016. № 4. С. 179–186.
- ДСТУ ISO 17318:2017. Добрива та ґрунтопокрашувальні речовини. Визначення вмісту міді, кадмію, хрому, свинцю та ртуті (ISO 17318:2015, IDT). [Чинний від 2017-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2019. 24 с.
- ДСТУ 4770.2:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук цинку в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2007-28-04]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 14 с.
- ДСТУ 4770.3:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук кадмію в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2007-28-04]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 14 с.
- ДСТУ 4770.5:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук кобальту в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2007-28-04]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 14 с.
- ДСТУ 4770.2:6:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук міді в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2007-28-04]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 14 с.
- ДСТУ 4770.7:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук нікелю в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2007-28-04]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 14 с.
- ДСТУ 4770.9:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук свинцю в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2007-28-04]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 14 с.
- ISO 22036:2008. Soil quality — Determination of trace elements in extracts of soil by inductively coupled plasma — atomic emission spectrometry (ICP — AES). [Publication date 22-Feb-2021]. The official version. 30 p.
- МВИ 07-119:2011. Удельная (объемная) активность гамма-излучающих радионуклидов в счетных образцах объектов технологических и природных сред от 02.03.2011.
- ДСТУ 4944:2008. Агрохімікати. Встановлювання допустимих концентрацій шкідливих речовин. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2009. 11 с.
- Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003 (Text with EEA relevance). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/1009/oj>.
- Норми радіаційної безпеки України: постанова головного санітарного лікаря України № 62 від 01.12.97.
- Державні гігієнічні правила і норми. Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах: наказ від 22.05.2020 р. № 1238. *Міністерство охорони здоров'я України*.

## REFERENCES

1. Hamaiunova, V.V., Khonenko, L.H., Baklanova, T.V. et al. (2020). Suchasni pidkhody do zastosuvannya mineralnykh dobryv za zberezhennia gruntovoi rodiuchosti v umovakh zminy klimatu [Modern approaches to the application of mineral fertilizers for the preservation of soil fertility in conditions of climate change]. *Naukovi horyzonty — Scientific Horizons*, 2 (87), 89–101. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-102-110> [in Ukrainian].
2. Palapa, N.V., Demianiuk, O.S. & Nahorniuk, O.M. (2022). Prodovolcha bezpeka Ukrainy: stan ta aktualni pytannia sohodennia [Food security in Ukraine: state and current issues of nowadays]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 34–45. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263314> [in Ukrainian].
3. Vozhehova, R.A. & Dymov, O.M. (2016). Zastosuvannya dobryv yak zaporuka zberezhennia rodiuchosti gruntiv i stiikoho rozvytku silskohospodarskoho vyrobnytstva [The use of fertilizers as a guarantee of preserving soil fertility and sustainable development of agricultural production]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk. Seriya: Zemlerobstvo, roslinnyctvo, ovochivnyctvo ta bashtantnyctvo — Taurian Scientific Herald. Series: Agriculture, plant growing, vegetable growing and melon growing*, 96, 21–31 [in Ukrainian].
4. Malovanyi, M.S. & Tymchuk, I.S. (2012). Nehatyvnyi vplyv mineralnykh dobryv na ahroekosystemu ta yoho minimizatsiia metodom kapsuliuвання dobryv [Negative impact of mineral fertilizers on agro ecosystem and its minimization by fertilizer capsulation]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Hzhyskoho — Scientific Herald of the LNUVMBT named after S.Z. Gzysky*, 2 (52), 116–123 [in Ukrainian].
5. Demianiuk, O.S., Sherstoboieva, O.V., Opryshko, N.O. et al. (2016). Vplyv pohodnykh umov pid chas veheatsii na biolohichnu aktyvnist u ryzosferi ta vrozhaist ohirka [The influence of weather conditions during the growing season on biological activity in the rhizosphere and yield of cucumber]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature using*, 3, 187–191 [in Ukrainian].
6. Demianiuk, O.S., Hlushchenko, L.A. & Symochko, L.Iu. (2022). Rozvytok haluzi ovochivnyctva v umovakh Zakarpattia: perspektyvy ta problemy sohodennia [Development of the vegetable growing industry in Transcarpathia: prospects and current problems]. *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane pryrodokorystuvannya v ahropromyslovomu vyrobnytstvi: materialy Mizhnarodnoi naukovy-praktychnoi konferentsii [Environmental safety and balanced nature-use in agroindustrial production: materials of the International Scientific and Practical Conference]*. (pp. 98–101). Kyiv [in Ukrainian].
7. Kulidzhanov, E.V., Holubchenko, V.F., Viliaieva, S.D. & Hrytsai, T.L. (2022). Neobkhdnist u monitorynhu mineralnykh dobryv na vmist zabrudniuiuchykh rechovyv [The need to monitor mineral fertilizers for the content of pollutants]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 147–151. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263330> [in Ukrainian].
8. Patyka, V.P. (Ed.), Makarenko, N.A. & Mokliachuk, L.I. (2005). *Ahroekolohichna otsinka mineralnykh dobryv ta pestytsydiv [Agroecological assessment of mineral fertilizers and pesticides]*. Kyiv: Osnova [in Ukrainian].
9. Shevchuk, V.D., Mudrak, H.V. & Franchuk, M.O. (2021). Ekolohichna otsinka intensyvnosti zabrudnennia gruntiv vazhkymy metalamy [Ecological assessment of soil pollution intensity by heavy metals]. *Colloquium-journal — Colloquium-journal*, 10 (97), 40–46. DOI: <https://doi.org/10.24412/2520-6990-2021-1097-40-46> [in Ukrainian].
10. Tkachuk, O.P. & Yakovets, L.A. (2016). Osoblyvosti zabrudnennia zernovoi produktsii vazhkymy metalamy v umovakh Vinnytskoi oblasti [Features of contamination of grain-growing products heavy metals in the conditions of Vinnitsa area]. *Siliske hospodarstvo ta lisivnyctvo — Agriculture and forestry*, 4, 179–186 [in Ukrainian].
11. Dobryva ta gruntopokrashchuvanni rechovyvny. Vyznachennia vmistu mysh'iaku, kadmiu, khromu, svyntsiu ta rtuti (ISO 17318:2015, IDT) [Fertilizers and soil conditioners — Determination of arsenic, cadmium, chromium, lead and mercury contents (ISO 17318:2015, IDT)]. (2019). *DSTU ISO 17318:2017 from 10<sup>th</sup> January 2017*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
12. Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spolkuk tsynku v grunti v buferonii amoniino-atsetatnii vytiazhti z rN 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Determination of the content of mobile zinc compounds in the soil in a buffered ammonium-acetate extract with pH 4.8 by the method of atomic absorption spectrophotometry]. (2009). *DSTU 4770.2:2007 from 28<sup>th</sup> April 2017*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
13. Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spolkuk kadmiu v grunti v buferonii amoniino-atsetatnii vytiazhti z rN 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Determination of the content of mobile cadmium compounds in the soil in a buffered ammonium-acetate extract with pH 4.8 by the method of atomic absorption spectrophotometry]. (2009). *DSTU 4770.2:2007 from 28<sup>th</sup> April 2017*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
14. Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spolkuk kobaltu v grunti v buferonii amoniino-atsetatnii vytiazhti z rN 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Determination of the content of mobile cobalt compounds in the soil in a buffered ammonium-acetate extract with pH 4.8 by the method of atomic absorption spectrophotometry]. (2009). *DSTU 4770.2:2007 from 28<sup>th</sup> April 2017*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
15. Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spolkuk midi v grunti v buferonii amoniino-atsetatnii vytiazhti z rN 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Determination of the content of mobile copper compounds in the soil in a buffered ammonium-acetate extract with pH 4.8 by the method of atomic absorption spectrophotometry]. (2009).



- DSTU 4770.2:2007 from 28<sup>th</sup> April 2017*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
16. Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk nikeliu v grunti v bufernii amoniino-atsetatnii vytiazhysi z rN 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Determination of the content of mobile nickel compounds in the soil in a buffered ammonium-acetate extract with pH 4.8 by the method of atomic absorption spectrophotometry]. (2009). *DSTU 4770.2:2007 from 28<sup>th</sup> April 2017*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  17. Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk svyntsiiu v grunti v bufernii amoniino-atsetatnii vytiazhysi z rN 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Determination of the content of mobile plumbum compounds in the soil in a buffered ammonium-acetate extract with pH 4.8 by the method of atomic absorption spectrophotometry]. (2009). *DSTU 4770.2:2007 from 28<sup>th</sup> April 2017*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  18. Soil quality — Determination of trace elements in extracts of soil by inductively coupled plasma — atomic emission spectrometry (ICP — AES). (2009). *ISO 22036:2008* [in English].
  19. Udelnaya (obemnaya) aktivnost gamma-izluchayushchikh radionuklidov v schetnykh obraztsakh obektov tekhnologicheskikh i prirodnykh sred [Specific (volumetric) activity of gamma-emitting radionuclides in counted samples of objects of technological and environmental objects]. (2011). *MVI 07-119:2011 from 02<sup>nd</sup> March 2011* [in Russian].
  20. Ahrokhimikaty. Vstanovliuvannia dopustymykh konsentratsii shkidlyvykh rehovyn [Agrochemicals. Establishing permissible concentrations of harmful substances]. (2009). *DSTU 4944:2008 from 01<sup>st</sup> January 2009*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  21. Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and repealing Regulation (EC) No 2003/2003. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/1009/oj> [in English].
  22. Normy radiatsiinoi bezpeky Ukrainy. Postanova holovnoho sanitarnoho likaria Ukrainy N 62 vid 01.12.97 [Standards of radiation safety of Ukraine: Decree of the chief sanitary doctor of Ukraine order of 01.12.97] [in Ukrainian].
  23. Derzhavni hihiiienichni pravyla i normy. Rehlament maksimalnykh rivniv okremykh zabrudniuiuchykh rehovyn u kharchovykh produktakh: nakaz vid 22.05.2020 [State hygienic rules and regulations. Regulation of maximum levels of certain pollutants in food products: order of 22.05.2020]. *Ministerstvo okhorony zdorov'ya Ukrainy — Ministry of Health of Ukraine, 1238* [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 31.03.2023

---