

УДК 504.5:635.262:631.82

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.13>

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ҐРУНТІВ НА НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА МІКРОЕЛЕМЕНТІВ ОЗИМИМ ЧАСНИКОМ

Піддубна А.М. – аспірант кафедри екології та охорони
навколишнього середовища,
Вінницький національний аграрний університет

Техногенне навантаження на ґрунти сільськогосподарського призначення створило певні проблеми виробництва безпечної сільськогосподарської продукції в тім числі і продукції овочівництва. Вирощування овочів вимагає особливої уваги до ґрунту та його родючості. Застосування мінеральних добрив має свої особливості у вирощуванні овочевої продукції, регулярне підживлення ними дозволяє забезпечити рослини необхідними поживними речовинами та досягти високої врожайності. Однак, мінеральні добрива є потужним джерелом забруднення ґрунтів сільськогосподарського призначення важкими металами. За таких умов виникає потреба у постійному контролі за транслокацією важких металів у рослину продовольчу сировину.

В даній статті досліджено вплив мінеральних добрив (аміачної селітри, суперфосфату простого та калію хлористого) на накопичення кадмію, цинку та міді у головках часнику сорту Любаша.

Встановлено, що удобрення сірих лісових ґрунтів мінеральними добривами мало певний вплив на накопичення кадмію, цинку та міді у головках часнику. Зокрема за удобрення ґрунтів аміачною селітрою, калієм хлористим, суперфосфатом простим та комплексним добривом ($N_{60}P_{60}K_{90}$) спостерігалось підвищення у головках часнику кадмію. За удобрення ґрунтів аміачною селітрою і калієм хлористим спостерігалось підвищення цинку і міді, а комплексним добривом ($N_{60}P_{60}K_{90}$) та суперфосфатом простим навпаки зниження.

Виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій кадмію у часнику за удобрення ґрунтів аміачною селітрою, калієм хлористим, суперфосфатом простим та комплексним добривом, тоді як по цинку і міді перевищень не виявлено.

Коефіцієнт безпеки перевищував гранично допустимий показник 1.0 у часнику за удобрення ґрунтів аміачною селітрою, калієм хлористим, суперфосфатом простим та комплексним добривом лише по кадмію, тоді як по цинку і міді даний показник був нижчий за гранично допустимий показник.

Ключові слова: озимий часник, кадмії, цинк, мідь, мінеральні добрива, ґрунт, коефіцієнт накопичення, коефіцієнт безпеки, важкі метали.

Piddubna A.M. The influence of mineral soil fertilizer on the accumulation of heavy metals and micro element by winter garlic

Man-made load on agricultural soils has created certain problems in the production of safe agricultural products, including vegetable products. Growing vegetables requires special attention to the soil and its fertility. The use of mineral fertilizers has its own characteristics in the cultivation of vegetable products, regular feeding with them allows you to provide plants with the necessary nutrients and achieve high yields. However, mineral fertilizers are a powerful source of contamination of agricultural soils with heavy metals. Under such conditions, there is a need for constant monitoring of the translocation of heavy metals into plant food raw materials.

This article examines the effect of mineral fertilizers (ammonium nitrate, simple superphosphate, and potassium chloride) on the accumulation of cadmium, zinc, and copper in heads of garlic of the Lyubasha variety.

It was established that fertilization of gray forest soils with mineral fertilizers had a certain effect on the accumulation of cadmium, zinc and copper in heads of garlic. In particular, when soil was fertilized with ammonium nitrate, potassium chloride, simple superphosphate and complex fertilizer ($N_{60}P_{60}K_{90}$), an increase in cadmium was observed in heads of garlic. An increase in zinc and copper was observed when soil was fertilized with ammonium nitrate and

potassium chloride, and a decrease was observed with complex fertilizer ($N_{60}P_{60}K_{90}$) and simple superphosphate.

Exceeding the maximum allowable concentrations of cadmium in garlic due to soil fertilization with ammonium nitrate, potassium chloride, superphosphate simple and complex fertilizers, while no excesses were found for zinc and copper.

The hazard ratio exceeded the maximum allowable indicator of 1.0 in garlic for soil fertilization with ammonium nitrate, potassium chloride, simple superphosphate and complex fertilizer only for cadmium, while for zinc and copper this indicator was lower than the maximum allowable indicator.

Key words: winter garlic, cadmium, zinc, copper, mineral fertilizers, soil, coefficient of accumulation, hazard ratio, heavy metals.

Постановка проблеми. Часник – дуже поширена овочева культура в усьому світі. Він є одним з основних джерел постачання в організм людини природних вітамінів, цукрів, органічних кислот, харчових волокон, мінеральних та інших цінних речовин, що забезпечують повноцінне харчування. Це найкращий антисептик із сильними бактерицидними і фітонцидними властивостями. Однією з найважливіших властивостей часнику є те, що він зменшує ризик серцевих захворювань і знижує рівень холестерину. Часник діє як антикоагулянт, розріджуючи кров і запобігаючи утворенню небезпечних тромбів. Крім того, він пригнічує вироблення речовин, які звужують кровоносні судини. Часник нейтралізує токсини і допомагає виводити з крові важкі метали – свинець, ртуть та кадмій [2, 4, 9].

Мінеральні добрива мають важливе значення для підвищення продуктивності рослин, потреба овочів у мінеральних поживних речовинах значно змінюється залежно від біологічних особливостей культури й сорту, віку рослин, а також від властивостей ґрунту, погодних і агрокліматичних умов [3]. Часник добре реагує на внесення добрив, оскільки більшість коренів часнику знаходиться в шарі ґрунту 0–30 см і не має високої поглинальної здатності. Але не раціональне використання добрив призводить не тільки до погіршення якості ґрунту та його вбирного комплексу, а й до накопичення в овочевій продукції важких металів. Метою даного дослідження було вивчення впливу мінеральних добрив (аміачної селітри, суперфосфату простого, калію хлористого) на накопичення кадмію, цинку та міді у головках часнику сорту Любаша [1, 9, 10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирощування будь-якої культури потребує збалансованого живлення. Сьогодні використання мінеральних добрив є невід’ємною складовою технології вирощування сільськогосподарських культур, оскільки без внесення поживних речовин неможливо досягти високих і стабільних врожаїв [1].

Приблизна потреба овочів у поживних речовинах ґрунту оцінюється за кількістю поживних речовин, винесених рослинами з площі 1 га протягом усього вегетаційного періоду [1, 2].

Виробництво часнику в Україні значно менше об’ємів його використання. При споживанні на рік 110–115 тис. т, з них 70–80% вирощується в приватному секторі, 5–10% у фермерських господарствах і 15–20% імпортується [1, 10].

Для вирішення питання щодо підвищення продуктивності часнику шляхом застосування мінеральних добрив присвятили свої наукові праці О.Ю. Барабаш, А.К. Богатиренко, В.І. Лихацький, Л.П. Ліщак та ін. Зокрема, для виробництва однієї тонни часнику використовують: азоту – 10–12 кг; фосфору – 6–7 кг; калію – 7–8 кг. Коефіцієнти використання часником основних поживних речовин із ґрунту становлять: азоту – 33,5%; фосфору – 7,4% і калію – 10,0% [1, 4, 9, 10].

Загальний виніс азоту, фосфору і калію овочевими рослинами коливається від 100 до 600 кг/га. Усі овочеві культури споживають набагато менше фосфору, ніж калію та азоту. Однак слід зазначити, що коріння овочевих культур, особливо молодих, має знижену здатність поглинати цей елемент живлення з ґрунту та мінеральних добрив [3, 7].

Фосфор особливо необхідний на ранніх стадіях росту і розвитку рослин, також достатня кількість фосфору в ґрунті підвищує стійкість до хвороб, сприяє закладанню і росту репродуктивних органів, прискорює дозрівання овочів і покращує якість зберігання [4].

Калій сприяє внутрішньоклітинному утриманню води, переміщенню речовин з вегетативних органів рослини до генеративних, бере участь у біосинтезі білків і вуглеводів. Цей поживний елемент відіграє важливу роль у збільшенні терміну придатності овочів при тривалому зберіганні [8].

Азот необхідний для синтезу амінокислот і білків, швидкого росту, особливо вегетативних органів. Але за його надлишку знижується здатність рослин протистояти заморозкам, хворобам, затримується початок утворення органів плодоношення, погіршується лежкість при зберіганні. Тому виявлення дефіциту певних мікроелементів і внесення їх у вигляді добрив або обробка ними насіння перед посівом може сприяти підвищенню врожайності овочів [4, 8].

Крім основних поживних речовин, важливу роль в отриманні високоякісного врожаю часнику відіграють мікроелементи, які входять до складу ферментів. Мікроелементи стимулюють ріст рослин, сприяють розвитку та підвищують стійкість до несприятливих умов навколишнього середовища і хвороб. Наявність мікроелементів дозволяє рослинам краще засвоювати основні поживні речовини. Внесення добрив і практика вирощування є одними з найбільш безпосередніх факторів, що впливають на врожайність і якість овочевої продукції [2, 3, 6].

Метою дослідження є вивчення впливу мінеральних добрив (аміачної селітри, суперфосфату простого, калію хлористого) на накопичення кадмію, цинку та міді у головках часнику сорту Любаша в умовах Лісостепу правобережного України.

Дослідження проводили впродовж 2022–2023 рр. в овочевій сівозміні на темно-сірих опідзолених ґрунтах в умовах Лісостепу правобережного. Закладали дослід рендомізованим методом у чотириразовому повторенні. Часник висаджували на початку третьої декади жовтня за схемою розміщення 45х6 см.

Перше підживлення проводили у фазі трьох справжніх листків. Друге – на початку утворення цибулини (фенофаза – поява суцвіття). Фенологічні спостереження, біометричні вимірювання за рослинами проводили згідно загальноприйнятих методик.

Дослід включав п'ять варіантів в чотирихразовій повторності. Перший варіант контрольний (без удобрення), другий варіант (аміачною селітрою, N_{60}), третій варіант (удобрення калієм хлористим, K_{90}), четвертий варіант (удобрення суперфосфатом простим, P_{60}) та п'ятий варіант (удобрення комплексним добривом, $N_{60} P_{60} K_{90}$)

Відбір ґрунтів для агрохімічного аналізу проводили методом конверту на глибині переорювання ґрунтів (22–24 см).

Відбір овочів для лабораторних досліджень проводили методом точкових проб.

Концентрацію важких металів у овочах проводили методом атомно-абсорбційної спектроскопії.

Коефіцієнт накопичення (Кнак.) у овочах розраховували за формулою:

$$\text{Кнак.} = \text{Cp/Cn}$$

Де C_p – концентрація забруднення речовин у овочах, мг/кг; C_n – концентрація забруднюючих речовин у ґрунті, мг/кг.

Коефіцієнт небезпеки ($K_{\text{неб.}}$) важких металів у овочах розраховували за формулою:

$$K_{\text{неб.}} = C_p / \text{ГДК}$$

Де C_p – концентрація забруднення речовин у овочах, мг/кг; ГДК – гранично допустимий коефіцієнт у овочах згідно ДСТУ 3233-95 Часник свіжий [5].

Результати досліджень та обговорення. Аналіз результатів досліджень (Табл. 1) показав, що удобрення ґрунтів аміачною селітрою, калієм хлористим, суперфосфатом простим сприяло підвищенню вмісту у часнику кадмію на 33,3%, 33,3%, 33,3% відповідно.

Таблиця 1

**Інтенсивність накопичення важких металів
та мікроелементів у часнику, мг/кг**

Мінеральні добрива	Норми внесення добрив, кг/га	Кадмій		Цинк		Мідь	
		Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК	Фактична концентрація	ГДК
Без удобрення	-	0,03	0,03	4,52	10	1,43	5,0
Аміачна селітра	60	0,04	0,03	4,75	10	1,50	5,0
Калій хлористий	90	0,04	0,03	4,68	10	1,58	5,0
$N_{60}P_{60}K_{90}$	60,60,90	0,04	0,03	4,03	10	1,33	5,0
Суперфосфат Простий	60	0,04	0,03	4,11	10	1,30	5,0

Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень та розрахунків

Вміст цинку у часнику за удобрення ґрунтів аміачною селітрою та калієм хлористим підвищився на 5% і 3,5% відповідно, а за комплексного добрива $N_{60}P_{60}K_{90}$ та суперфосфатом простим навпаки знизився на 10,8% і 9,0% відповідно. Удобрення ґрунтів аміачною селітрою і калієм хлористим сприяло підвищенню вмісту міді у часнику на 4,8% і 10,4% відповідно, тоді як за удобрення комплексного добрива $N_{60}P_{60}K_{90}$ та лише суперфосфатом простим навпаки знижувався на 7,0% і 9,0% відповідно.

Водночас, необхідно відмітити, що вміст кадмію у часнику був вищим за гранично допустимі концентрації на 33,3% за удобрення ґрунтів аміачною селітрою, калієм хлористим, комплексного добрива $N_{60}P_{60}K_{90}$, суперфосфатом простим. Вміст цинку та міді у часнику за удобрення ґрунтів був нижчий за гранично допустимі концентрації. Зокрема вміст цинку і міді в часнику був нижчим за гранично допустимі рівні відповідно за удобрення ґрунтів аміачною селітрою у 2,2 рази і 3,5 рази, калієм хлористим у 2,1 рази і 3,1 рази, комплексного добрива $N_{60}P_{60}K_{90}$ у 2,5 і 3,7 рази та суперфосфатом простим у 2,4 рази і 3,5 рази.

Характеризуючи коефіцієнт накопичення важких металів у часнику в залежності від удобрення (Табл. 2) необхідно відмітити певні особливості.

Зокрема, те що коефіцієнт накопичення кадмію в часнику вирощеному без удобрення був нижчим порівняно з коефіцієнтом накопичення цього ж токсиканта

в аналогічній продукції за мінерального удобрення (аміачна селітра, калій хлористий, комплексне добриво $N_{60}P_{60}K_{90}$ та суперфосфат простий) у 2 рази.

Таблиця 2

Коефіцієнт накопичення важких металів і мікроелементів у часнику

Мінеральні добрива	Норми внесення добрив, кг/га	Кадмій			Цинк			Мідь		
		Вміст у ґрунті	Вміст у часнику	Коеф. накопичення	Вміст у ґрунті	Вміст у часнику	Коеф. накопичення	Вміст у ґрунті	Вміст у часнику	Коеф. накопичення
Без удобрення	-	0,2	0,03	0,1	1,2	4,52	3,7	0,4	1,43	3,5
Аміачна селітра	60	0,2	0,04	0,2	1,2	4,75	3,9	0,4	1,50	3,7
Калій хлористий	90	0,2	0,04	0,2	1,2	4,68	3,9	0,4	1,58	3,9
$N_{60}P_{60}K_{90}$	60,60,90	0,2	0,04	0,2	1,2	4,03	3,3	0,4	1,33	3,3
Суперфосфат простий	60	0,2	0,04	0,2	1,2	4,11	3,4	0,4	1,30	3,2

Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень та розрахунків

Коефіцієнт накопичення цинку в головках часнику вирощеному без удобрення був нижчим порівняно за удобрення аміачною селітрою та калієм хлористим у 1,05 та 1,05 рази та вищим ніж за удобрення комплексним добривом $N_{60}P_{60}K_{90}$ та суперфосфатом простим у 0,8 та 0,9 разів відповідно.

Щодо коефіцієнту накопичення міді, слід відмітити що, коефіцієнт накопичення даного елемента у головках часнику вирощеного без удобрення був нижчим ніж за удобрення аміачною селітрою та калієм хлористим у 1,05 та 1,1 рази відповідно. За удобрення комплексним добривом $N_{60}P_{60}K_{90}$ та суперфосфатом простим вміст у головках часнику міді був вищим у 0,94 та 0,91 рази, порівняно з варіантом без удобрення.

Результати досліджень з вивчення коефіцієнту небезпеки важких металів у часнику (Табл. 3) показали певний вплив мінерального удобрення на ґрунти. Зокрема удобрення ґрунтів аміачною селітрою, калієм хлористим, комплексним добривом $N_{60}P_{60}K_{90}$, суперфосфатом простим коефіцієнт небезпеки кадмію підвищився на 33,3%. Виявлено перевищення граничного показника коефіцієнту небезпеки 1,0 по кадмію на 33,3% за удобрення ґрунтів аміачною селітрою, калієм хлористим, комплексним добривом $N_{60}P_{60}K_{90}$, суперфосфатом простим.

Коефіцієнт небезпеки цинку і міді у часнику за мінерального удобрення не перевищував граничний показник 1,0. Так, за удобрення ґрунтів аміачною селітрою коефіцієнт небезпеки цинку і міді у часнику був нижчим за гранично допустимий показник 1,0 у 1,5 рази і 3,3 рази, калієм хлористим у 2,1 рази і 3,2 рази, комплексним добривом у 2,5 рази і 3,8 рази та суперфосфатом простим у 2,4 рази і 3,8 рази.

Коефіцієнт небезпеки цинку та міді у часнику був вищим відповідно на 4,4% і 7,1%, за удобрення ґрунтів аміачною селітрою та на 2,2% і 10,7%, за удобрення калієм хлористим, порівняно з варіантом без удобрення.

Таблиця 3

Коефіцієнт небезпеки важких металів і мікроелементів у часнику

Мінеральні Добрива	Норми внесення добрив, кг/га	Кадмій			Цинк			Мідь		
		Вміст у часнику	Г/ДК	Коеф. небезпеки	Вміст у часнику	Г/ДК	Коеф. небезпеки	Вміст у часнику	Г/ДК	Коеф. небезпеки
Без Удобрення	-	0,03	0,03	1,0	4,52	10	0,45	1,43	5	0,28
Аміачна Селітра	60	0,04	0,03	1,33	4,75	10	0,47	1,50	5	0,30
Калій хлористий	90	0,04	0,03	1,33	4,68	10	0,46	1,58	5	0,31
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	60,60,90	0,04	0,03	1,33	4,03	10	0,40	1,33	5	0,26
Суперфосфат простий	60	0,04	0,03	1,33	4,11	10	0,41	1,30	5	0,26

Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень та розрахунків

За удобрення ґрунтів комплексним добривом N₆₀P₆₀K₉₀ коефіцієнт небезпеки цинку і міді був нижчим відповідно на 11% і 7,1%, та суперфосфатом простим на 8,8% і 7,1%, порівняно з варіантом без удобрення.

Висновки і рекомендації. За результатом досліджень встановлено перевищення гранично допустимої концентрації кадмію, цинку та міді у часнику сорту Любаша за удобрення ґрунтів аміачною селітрою (N₆₀), калієм хлористим (K₉₀), комплексним добривом (N₆₀P₆₀K₉₀), суперфосфатом простим (P₆₀).

Удобрення ґрунтів аміачною селітрою (N₆₀) та калієм хлористим (K₉₀), комплексним добривом (N₆₀P₆₀K₉₀) та суперфосфатом сприяло підвищенню накопичення у часнику цинку і міді порівняно з варіантом без удобрення.

Перспективою подальших досліджень є вивчення оптимального співвідношення азоту, фосфору і калію щодо отримання часнику з найнижчим вмістом важких металів на сірих лісових ґрунтах в умовах Лісостепу правобережного.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Корнієнко С.І., Гончаренко В.Ю., Ходєєва Л.П., Гладкіх Р.П., Парамонова Т.В., Куц О.В., Горова Т.К., Кормош С.М., Гордієнко І.М., Колтунов В.А., Пашенко В.Ф., Іллюшенко Г.Я. Удобрення овочевих та баштанних культур: монографія. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 370 с.

2. Улянич О.І., Остапенко Н.О. Вплив органо-мінеральних та біологічних добрив на врожайність часнику озимого (*Allium sativum*) за умов їх внесення краплинним зрошенням. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 4. С. 158–164. DOI: 10.33730/2077-4893.4.2023.293788.

3. Піддубна А.М. Інтенсивність накопичення важких металів редискою та салатом вирощених на закритих ґрунтах в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 6 (29). С. 192–202. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-17

4. Diriba-Shiferaw, G., Nigussie-Dechassa, R., Woldetsadik, K., Tabor, G., & Sharma, J. J. Effect of nitrogen, phosphorus, and sulphur fertilizers on growth yield, and economic returns of garlic (*Allium sativum* L.). *Science, Technology and Arts Research Journal*. 2015. Vol. 4(2). P. 10–22. DOI:10.4314/star.v4i2.2

5. ДСТУ 3233-95 Часник свіжий. Технічні умови. [Чинний від 1996-07-01]. К.: Держстандарт України, 1996. 24 с.
6. Разанов С.Ф., Вдовенко С.А., Піддубна А.М. Особливості накопичення важких металів овочами за різного періоду їх вирощування. *Агробіологія*. 2022. № 1 (171). С. 108–114. DOI: 10.33245/2310-9289.
7. Гусак О.Б. Вплив рівня зволоження ґрунтів на транслокацію Zn і Cu у зерно озимих зернових культур в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2 (29). С. 181–191. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-16.
8. Dydiv, A., Piddubna, A., Gucol, G., Vradii, O., Zhylishchych, Y., Titarenko, O., & Kerek, S. Accumulation of Lead and Cadmium by Vegetables at Different Levels of Gray Forest Soil Moistening in the Conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24. № 10. P. 198–204. DOI: 10.12911/22998993/170291.
9. Дубініна А.А. Визначення вмісту солей важких металів у різних ботанічних сортах часнику, вирощених у різних регіонах. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2010. Вип.2. С. 311–315. URL: <http://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/8250>.
10. Яценко В.В., Улянич О.І. Біохімічний метод оцінки передселекційних вихідних форм і сортів часнику за стійкістю до ураження грибковими хворобами. *Овочівництво і багтанництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Інститут овочівництва і багтанництва НААН*. Вінниця: Твори. 2021. Вип. 69. С. 43–55.

UDC 632.4:633.88

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.14>

EFFECT OF BIOLOGICAL PROTECTION OF PEPPERMINT ON PRODUCTIVITY AND YIELD OF ESSENTIAL OILS

Poberezhskiy O.R. – Postgraduate student at the V.F. Peresyphkin
Department of Phytopathology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Peppermint is one of the most promising essential medicinal crops for universal use in medicine and the food industry. Essential oil is contained in all above-ground organs of the plant: leaves (from 2 to 4%), inflorescences (4–6%), stems (up to 0.3% of the mass of dry matter).

To increase the productivity of peppermint and the yield of essential oils, it is necessary to apply protective measures that limit the spread and development of plant diseases.

In Ukraine, recently, mainly breeding works of peppermint, research of quantitative and qualitative composition of essential oil of breeding samples of peppermint after application of in vitro technology were carried out. The world knows the use of various technological techniques in the cultivation of peppermint, namely the influence of mineral fertilizers and the planting season.

The purpose of our research was to establish the effect of biological plant protection products (Fitocid®-r, MykoHelp®-r, FitoHelp®) against peppermint diseases on the structural parameters of mint raw materials and the yield of essential oils.
