

УДК 635.1/8:504.5

DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-17

**ІНТЕНСИВНІСТЬ НАКОПИЧЕННЯ
ВАЖКИХ МЕТАЛІВ РЕДИСКОЮ ТА
САЛАТОМ ВИРОЩЕНИХ НА
ЗАКРИТИХ ҐРУНТАХ В УМОВАХ
ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО**

*А.М. ПІДДУБНА, аспірантка
Вінницький національний
аграрний університет*

Одним із важливих завдань в овочівництві є розширення асортименту овочевих культур відкритого та закритого ґрунтів, що забезпечить постійне постачання споживачам свіжої овочевої продукції протягом року. Салат і редис одні з багатьох зелених овочів, які відіграють важливу роль у вирішенні цього завдання.

В даній роботі вивчено інтенсивність накопичення важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu) у салаті листовому сорту Рекорд та редисці сорту Саксонія в умовах закритого темно-сірого опідзоленого ґрунту.

Встановлено, що концентрація у салаті посівному вирощеному в умовах закритого ґрунту Pb, Cd, Zn була нижча у 1,5 рази 1,8 та 1,12 рази відповідно, а у редьки посівної у 1,5 рази, 1,05 та 1,23 рази порівняно з аналогічною продукцією вирощеною в умовах відкритого ґрунту. За вирощування салату посівного і редьки в умовах закритого ґрунту коефіцієнт накопичення Pb, Cd, Zn був нижчий у 2,0 рази і 2,0 рази, 1,8 рази і 1,6 рази та 1,2 рази і 1,2 рази відповідно порівняно з аналогічною продукцією вирощеною в умовах відкритого ґрунту.

Коефіцієнт накопичення Pb, Cd, Zn в салаті, який був вирощений у відкритому ґрунті був у 2,0, 1,8, 1,12 рази вищий ніж салату вирощеного у закритому ґрунті відповідно, а коефіцієнт накопичення Pb у коренеплодах редиски вирощених у відкритому ґрунті був вищий у 2,0 рази ніж в закритому, концентрація Cd у 1,6 рази, Zn у 1,2 рази, та Cu у 1,2 рази відповідно.

Результати досліджень показали, що коефіцієнт небезпеки Pb в листі салату та коренеплоді редьки при вирощуванні в умовах відкритого ґрунту був вищий у 1,5 рази порівняно з аналогічними овочами вирощеними в закритому ґрунті, коефіцієнт небезпеки Cd і Zn в листках салату та коренеплодах редьки вирощених за умов відкритого ґрунту був вищий у 1,8 і 1,06 рази відповідно порівняно з овочами вирощеними у закритому ґрунті, коефіцієнт небезпеки Cu у листі салату, який був вирощений в умовах закритого ґрунту був вищий у 0,7 рази порівняно з вирощеним у відкритому ґрунті. У коренеплодах редьки коефіцієнт небезпеки Cu був вищий у овочах вирощених за умов відкритого ґрунту в 1,5 рази.

Ключові слова: важкі метали, закритий ґрунт, коефіцієнт накопичення, коефіцієнт небезпеки, салат посівний листовий, редька посівна.

Табл. 4. Рис 1. Літ. 11.

Постановка проблеми. Екологічна безпека продуктів харчування є однією з головних складових національної безпеки. На сьогоднішній день основну частину у раціоні людини становить продукція рослинництва, зокрема і овочі. Практика показує, що попит на продукцію овочівництва на ринку збуту з року в рік зростає. Поряд з цим підвищуються вимоги до їх якості та безпеки, що в певній мірі залежить від стану навколишнього середовища, сучасний стан якого характеризується забрудненням різними токсикантами, серед яких важкі метали посідають помітне місце [1]. Потрапляючи у ґрунт вони постійно

мігрують, накопичуючись в тій чи іншій продукції. Внаслідок цього збіднюється видовий склад рослин і мікроорганізмів у верхніх шарах ґрунту, погіршуються умови їх росту і розвитку [2].

Досить небезпечним вважається забруднення ґрунту важкими металами такими, як ртуть, кадмій, свинець, хром, мідь, цинк. Концентрація їх у ґрунті може зберігатися впродовж десятиліть і навіть століть.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Овочеві рослини це в першу чергу цінний харчовий продукт, який містить вуглеводи, білки, жири, вітаміни, мінеральні солі, органічні кислоти. Вони є основним джерелом біологічно активних речовин у раціоні людини, до їх складу входять майже всі поживні речовини, необхідні для активації фізіологічних процесів, підтримки імунітету та функцій організму.

Систематичне вживання овочів сприяє підвищенню стійкості організму людини до захворювань, особливо навесні. Отже, овочі є не лише продуктами харчування, а й засобом оздоровлення і лікування.

Сучасний стан розвитку овочівництва впродовж останніх років загалом характеризується порівняно стійким збереженням посівних площ і обсягів виробництва продукції. Нині в овочівництві займаються вирощуванням більш ніж 70 різноманітних сільськогосподарських культур і рослин [3-4].

Порівняно з польовими культурами більшість овочевих культур вимагають кращих умов вирощування (вологи, родючості ґрунту, тепла, світла), що визначає особливості їх агротехніки. Овочеві культури вирощують із зрошенням та без зрошення залежно від кліматичних умов регіону, а також відкритим та закритим способом [5].

Звичайно ж основними стресовими погодними чинниками у вирощуванні овочевої продукції є дефіцит вологи та різка зміна температурних режимів.

Річна норма опадів для України становить 578 мм. Для сільського господарства потрібно не менше 700 мм, тобто виникає нестача вологи, яку потрібно компенсувати поливами. Але при періодичному або постійному зрошенні стічними водами сільськогосподарських угідь, відбувається значне накопичення важких металів що призводить до забруднення продовольчих культур.

Вирощування овочів потребує постійного контролю за накопиченням в них токсикантів [6]. Отже, з метою усунення негативного впливу важких металів на здоров'я людини, потрібно проводити більш ретельні дослідження овочевої продукції, яка потрапляє на споживчий ринок. Тому що більшість досліджень спрямовані на вивчення особливостей надходження у рослини важких металів трофічним шляхом, а поверхневим надходженням до рослин даних токсикантів вивчено порівняно недостатньо.

Мета статті полягає у вивченні інтенсивності накопичення металів (Pb, Cd, Zn, Cu) в салаті та редьці в умовах відкритого та закритого ґрунтів.

Умови та методи досліджень. Дослідження з вивчення накопичення важких металів овочами (салат і редька) в умовах закритого і відкритого ґрунту

проводили впродовж 2021-2022 років на темно - сірих опідзолених ґрунтах в умовах Лісостепу правобережного на полях фермерського господарства «Зоря Василівки», с. Василівка, Вінницького району Вінницької області. Площа облікової ділянки становить 20 м².

Рельєф сільськогосподарських угідь на території проведення досліджень це рівнинне плато з пологими (1-2°) схилами південно-східної та північно-західної експозиції. Водотривкі породи на території району та дослідного поля залягають глибоко, тому рівень ґрунтових вод знаходиться на значній відстані від поверхні (понад 10 - 15 м) [7].

Клімат природно господарського району помірно континентальний з м'якою зимою й теплим вологим літом. Пересічна температура січня -4, -6 °С, липня +18,6, +20,5 °С [8]. Тривалість вегетаційного періоду залежно від умов вирощування та температури для редису становить 18 - 25 днів для ранніх сортів, 25 - 40 днів для середньостиглих та пізніх сортів, вегетаційний період салату коливається від 30 до 60 днів.

Відповідно до метеорологічних спостережень, основні показники кліматичних умов за період проведення досліджень (2022 р.) були сприятливими для вирощування овочевих культур.

Вивчення впливу накопичення важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu) у овочах в умовах відкритого та закритого ґрунтів, а також зрошення овочевих культур, яке проводили шляхом дощування три рази на тиждень в вечірній час доби в період від посіву до збору урожаю згідно схеми досліджень (табл.1). Норма поливу для салату листового становить 140 мм. за період вирощування, для редису 80 мм.

Рівень зволоження ґрунтів визначали за допомогою дощоміру – метеорологічного приладу для вимірювання обсягу опадів, а для визначення температури повітря використовували термометр.

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК), який характеризує умови атмосферного зволоження території, визначали за методикою Г.Т. Селянінова [9].

Схема досліджень включала два варіанти в чотирьох повторностях в кожному. Перший варіант (контрольний) він характеризує вирощування овочевих культур в умовах відкритого ґрунту зі штучним поливом. Другий варіант (дослід) він включав вирощування овочевих культур в умовах закритого ґрунту (теплиця) зі штучним поливом.

Умови вирощування овочевих культур у всіх варіантах були однакові (сорт, кратність зволоження, обробіток ґрунту, боротьба з бур'янами, строки посіву) різницею було лише те, що овочі дослідного варіанту вирощували у теплицях, тобто в умовах закритого ґрунту.

Відбір ґрунтів для агрохімічного аналізу проводили методом конверта на глибині переорювання ґрунтів.

Таблиця 1

Схема досліджень

Культури	Особливості вирощування	Роки проведення досліджень	Рівень зволоження ґрунтів/мм	ГТК	Токсиканти	Досліджувані показники		
						Інтенсивність Накопичення	Коефіцієнт Накопичення	Коефіцієнт небезпеки
Салат посівний листовий Рекорд	Вирощування в умовах відкритого ґрунту зі штучним поливом	2021-2022	272,5	2,96	Pb, Cd, Zn, Cu	Інтенсивність Накопичення	Коефіцієнт Накопичення	Коефіцієнт небезпеки
	Вирощування в умовах закритого ґрунту зі штучним поливом	2021-2022	47,4	0,72	Pb, Cd, Zn, Cu	Інтенсивність Накопичення	Коефіцієнт Накопичення	Коефіцієнт небезпеки
Редька посівна (редиска) Саксонія	Вирощування в умовах відкритого ґрунту зі штучним поливом	2021-2022	272,5	2,96	Pb, Cd, Zn, Cu	Інтенсивність Накопичення	Коефіцієнт Накопичення	Коефіцієнт небезпеки
	Вирощування в умовах закритого ґрунту зі штучним поливом	2021-2022	47,4	0,72	Pb, Cd, Zn, Cu	Інтенсивність Накопичення	Коефіцієнт Накопичення	Коефіцієнт небезпеки

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Відбір овочів проводили методом точкових проб. Концентрацію важких металів у овочах проводили методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії.

Коефіцієнт накопичення ($K_{\text{нак.}}$) у овочах розраховували за формулою:

$$K_{\text{нак.}} = C_p / C_n$$

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:

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

Де C_p – концентрація забруднення речовин у овочах, мг/кг; МДР – максимально допустимі рівні у овочах згідно ДСТУ 6009:2008 Редиска свіжа [10], ДСТУ 8107:2015 Салат свіжий [11].

МДР (максимально допустимий рівень для овочів) по кадмію – 0,03 мг/кг, міді – 5,0 мг/кг, цинку – 10,0 мг/кг.

Результати дослідження та обговорення. Одержані результати досліджень відображені на (рис.1) показали, що перевищень у відкритому і закритому ґрунті важких металів, зокрема, Pb, Cd, Zn, Cu не спостерігалось. Концентрація важких металів була нижча за ГДК, так концентрація у ґрунті Pb, Cd, Zn та Cu була нижча за ГДК у 4,9 рази 11,6, 37,7 та 9,4 рази.

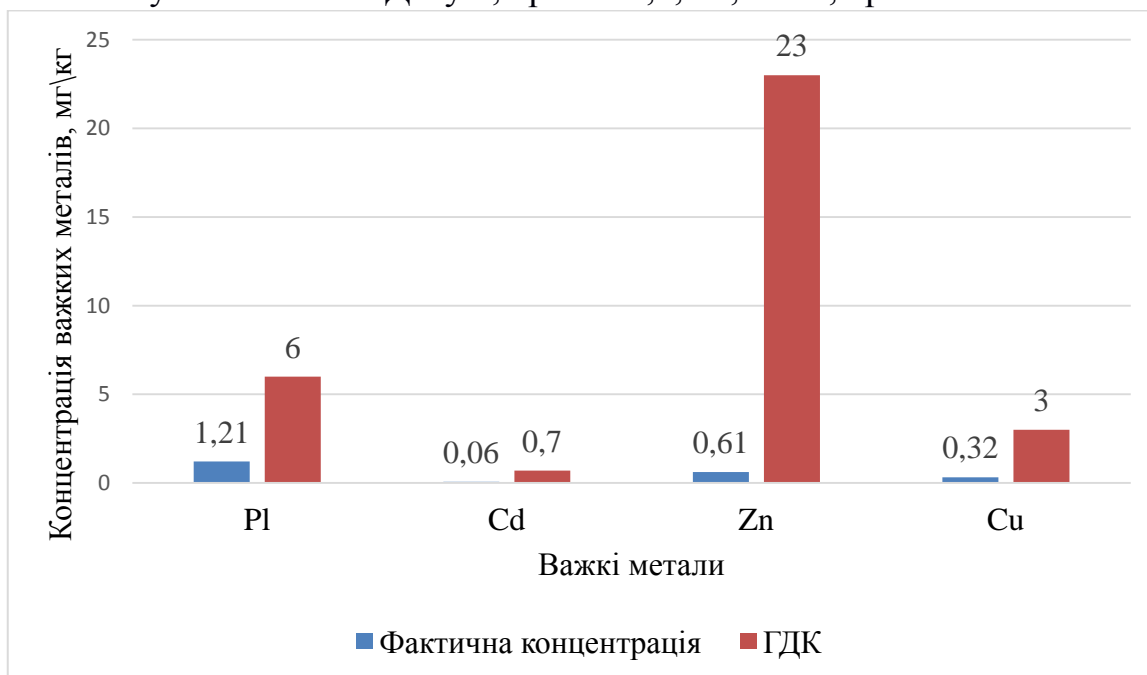


Рис.1. Інтенсивність забруднення ґрунту важкими металами, мг/кг
Джерело: сформовано на основі власних досліджень

В редьці сорту Саксонія концентрація Pb, Cd, Zn та Cu була нижча за ГДК у 15,6 разів 1,6 і 3,4 рази відповідно, а Cd вища 7,0 рази.

В умовах закритого ґрунту в редьці аналогічного сорту концентрація Pb, Zn та Cu була нижча за ГДК у 25 рази, 1,9 і 4,1 рази відповідно, а Cd вища у 6,0 рази.

Певний вплив інтенсивності накопичення важких металів в овочах виявлено і за умов їх вирощування (відкритий і закритий ґрунт). Зокрема у салаті та редьці одержаних в умовах закритого ґрунту концентрація Pb, Cd та Zn була нижча порівняно з аналогічною продукцією вирощеною в відкритому ґрунті.

Так у салаті сорту Рекорд вирощеного в умовах закритого ґрунту концентрація Pb була нижча у 1,5 рази, Cd у 1,8 рази та Zn у 1,12 рази порівняно з аналогічною продукцією вирощеною в умовах відкритого ґрунту.

Концентрація Pb, Cd, Zn та Cu у редьці вирощеній в умовах закритого ґрунту була нижча у 1,5 рази 1,05, 1,23 та 1,2 рази порівняно з аналогічною продукцією вирощеною в умовах відкритого ґрунту.

Перед цим необхідно відмітити підвищення накопичення у салаті посівному вирощеного в умовах закритого ґрунту в 1,35 рази Cu.

В результаті проведених досліджень (Табл. 2) виявлено різну концентрацію важких металів в овочах, яка в окремих випадках перевищувала ГДК особливо по таких елементах як Cd та Cu.

Таблиця 2

**Накопичення важких металів овочевими культурами в сухій речовині,
мг/кг**

Культури	Особливості вирощування	Важкі метали							
		Pb		Cd		Zn		Cu	
		ГДК	Факт. концен трація	ГДК	Факт. концен трація	ГДК	Факт. Концен трація	ГДК	Факт. Концен трація
Салат посівний листовий Рекорд	Вирощування в умовах відкритого ґрунту зі штучним поливом	0,5	0,48± 0,0064	0,03	0,11± 0,0064	10	8,20± 0,0064	5	5,88± 0,0064
	Вирощування в умовах закритого ґрунту зі штучним поливом	0,5	0,31± 0,0064	0,03	0,06± 0,0064	10	7,30± 0,0064	5	9,32± 0,0064
Редька посівна (редиска) Саксонія	Вирощування в умовах відкритого ґрунту зі штучним поливом	0,5	0,03± 0,0028	0,03	0,21± 0,0108	10	6,32± 0,0085	5	1,47± 0,0085
	Вирощування в умовах закритого ґрунту зі штучним поливом	0,5	0,02± 0,0028	0,03	0,20± 0,0085	10	5,11± 0,0085	5	1,21± 0,0104

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень

Зокрема у салаті за вирощування його в умовах відкритого ґрунту концентрація Pb та Zn була нижча за ГДК у 1,04 рази та 1,2 рази відповідно. Тоді як в цій же продукції концентрація Cd була вища за ГДК у 3,6 рази, а Cu у 1,4 рази. В салаті в умовах закритого ґрунту концентрація Pb і Zn була нижча за ГДК у 1,6 рази та 1,4 рази, а Cd і Cu вища у 2,0 і 1,8 раз відповідно.

Характеризуючи коефіцієнт накопичення важких металів у овочах в залежності від умов вирощування (відкритий і закритий ґрунт) (Табл. 3) необхідно відмітити певні особливості.

Таблиця 3

Коефіцієнт накопичення важких металів овочевими культурами

Культури	Особливості вирощування	Важкі метали											
		Pb			Cd			Zn			Cu		
		Концентрація		К накопичення	Концентрація		К накопичення	Концентрація		К накопичення	Концентрація		К накопичення
		ґрунт	овочі		ґрунт	овочі		ґрунт	овочі		ґрунт	Овочі	
Салат посівний листовий Рекорд	Відкритий ґрунт зі штучним поливом	1,21	0,48	0,4	0,06	0,11	1,8	0,61	8,20	13,4	0,32	5,88	21,5
	Закритий ґрунт зі штучним поливом	1,21	0,31	0,2	0,06	0,06	1,0	0,61	7,30	11,9	0,32	9,32	29,1
Редька посівна (редиска) Саксонія	Відкритий ґрунт зі штучним поливом	1,21	0,03	0,02	0,06	0,21	3,5	0,61	6,32	10,3	0,32	1,47	4,6
	Закритий ґрунт зі штучним поливом	1,21	0,02	0,01	0,06	0,20	3,3	0,61	5,11	8,3	0,32	1,21	3,8

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень

Зокрема, те що коефіцієнт накопичення в овочевій продукції вирощеній у відкритому ґрунті зі штучним поливом був вищий ніж коефіцієнт накопичення в овочах вирощених у закритому ґрунті зі штучним поливом.

Коефіцієнт накопичення Pb, Cd, Zn в салаті який був вирощений у закритому ґрунті був у 2,0, 1,8, 1,12 рази вищий ніж салату вирощеного у закритому ґрунті відповідно.

Щодо коефіцієнту накопичення важких металів в редьці спостерігалась схожа тенденція, так коефіцієнт накопичення Pb у плодах вирощених у

відкритому ґрунті був вищий у 2,0 рази ніж в закритому, концентрація Cd у 1,6 рази, Zn у 1,2 рази, та Cu у 1,2 рази відповідно. Поряд з цим, необхідно відмітити, певну тенденцію до накопичення важких металів у салаті та редьці вирощених в умовах як відкритого так і закритого ґрунтів у такій послідовності по наростаючій величині: свинець – кадмій – мідь – цинк.

Результати досліджень (Табл. 4) показали, що коефіцієнт небезпеки Pb в листі салату та коренеплоді редьки при вирощуванні в умовах відкритого ґрунту був вищий у 1,5 рази, порівняно з аналогічними овочами вирощеними в закритому ґрунті.

Таблиця 4

Коефіцієнт небезпеки важких металів у овочевих культурах.

Культури	Особливості вирощування	Важкі метали															
		Pb				Cd				Zn				Cu			
		ГДК	Факт. Конц.	К.небезп.		ГДК	Факт. Конц.	К.небезп.		ГДК	Факт. Конц.	К.небезп.		ГДК	Факт. Конц.	К.небезп.	
Салат посівний листовий Рекорд	Відкритий ґрунт зі штучним поливом	0,5	0,48	0,96	0,03	0,11	3,6		10	8,20	0,82		5	6,88	1,4		
	Закритий ґрунт зі штучним поливом	0,5	0,31	0,62	0,03	0,06	2		10	7,30	0,73		5	9,32	1,9		
Редька посівна (редиска) Саксонія	Відкритий ґрунт зі штучним поливом	0,5	0,03	0,06	0,03	0,21	7		10	6,32	0,632		5	1,47	0,3		
	Закритий ґрунт зі штучним поливом	0,5	0,02	0,04	0,03	0,20	6,6		10	5,11	0,511		5	1,21	0,2		

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень та розрахунків

Також встановлено, що коефіцієнт небезпеки Cd і Zn в листках салату та коренеплодах редьки вирощених за умов відкритого ґрунту був вищий у 1,8 і 1,06 рази відповідно порівняно з овочами вирощеними у закритому ґрунті.

Але водночас необхідно відмітити, що коефіцієнт небезпеки Cu у листі салату, який був вирощений в умовах закритого ґрунту був вищий у 0,7 рази порівняно з вирощеним у відкритому ґрунті. У коренеплодах редьки коефіцієнт небезпеки Cu був вищий у овочах вирощених за умов відкритого ґрунту в 1,5 рази.

Висновки і перспективи подальших досліджень. На основі одержаних результатів досліджень встановлено, що вирощування овочів в умовах закритого ґрунту, дає можливість знизити поверхневе надходження важких металів, що помітно знижує концентрацію Pb, Cd, Zn у салаті листовому сорту Рекорд та редьці посівні сорту Саксонія. При вирощуванні в умовах закритого ґрунту виявлено зниження вмісту Pb, Cd і Zn в салаті та Cu в редисці. Концентрація свинцю, кадмію і цинку в салаті, вирощеному в умовах закритого ґрунту, була в 1,5, 1,8 і 1,12 раза нижчою, ніж у аналогічних продуктах, вирощених у відкритому ґрунті, а концентрація свинцю, кадмію і цинку в редисці становила 1,5. За вирощування овочів в умовах закритого ґрунту коефіцієнт накопичення Pb, Cd, Zn був нижчий відповідно порівняно з аналогічною продукцією вирощеною в умовах відкритого ґрунту.

Список використаної літератури

1. 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.
2. Гуцол Г.В. Моніторинг забруднення важкими металами ґрунтів сільськогосподарського призначення Лісостепу Правобережного. *Slovak international scientific journal*. 2020. № 40. С. 12–17.
3. Яровий Г.І., Романов О.В. Овочівництво: навчальний посібник. Харків: ХНАУ, 2017. 376 с.
4. Севідова І. О., Лещенко Л. О. Стан, проблеми та перспективи розвитку овочівництва в Україні. *Інвестиції: практика та досвід*, 2017. № 12. С. 28-33.
5. Гіль Л. С., Пашковський А. І., Суліма Л. Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч. 2. Відкритий ґрунт: навчальний посібник. Вінниця: Нова Книга, 2008. 312 с.
6. Razanov S., Piddubna A., Gucol G., Symochko L., Kovalova S., Bakhmat M., Bakhmat O. Estimation of heavy metals accumulation by vegetables in agroecosystems as one of the main aspects in food security. *International journal of ecosystems and ecology science (IJEES)*. 2022. Vol. 12 (3). P. 159-164. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeess12.320>.
7. Цицюра Я.Г., Броннікова Л.Ф., Пелех Л.В. Ґрунтовий покрив Вінниччини: генезис, склад, властивості та напрями ефективного використання: монографія. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 452 с.
8. Клімат України – Український Гідрометцентр. URL: <https://meteo.gov.ua/ua/33562/climate/climate/>
9. Примак І. Д., Польовий А. М., Гамалій І. П. Сільськогосподарська метеорологія та кліматологія. Біла Церква, 2008. 488 с.
10. ДСТУ 6009:2008 Редиска свіжа. Технічні умови. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України. 2010.
11. ДСТУ 8107:2015 Салат свіжий. Технічні умови. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України. 2017.

Список використаної літератури у транслітерації/ References

1. Razanov, S.F., Vdovenko, S.A., Pidubna, A.M. (2022). Osoblyvosti nakopychennia vazhkykh metaliv ovochamy za riznoho periodu yikh vyroshchuvannia. [*Peculiarities of the accumulation of heavy metals by vegetables during different periods of their cultivation*] *Ahrobiolohiia - Agrobiology*.1 (171). 108–114 [in Ukrainian].
2. Gucol, G.V. (2020). Monitoryng zabrudnennja vazhkymy metalamy g'runtiv sil'skogospodars'kogo pryznachennja Lisostepu Pravoberezhnogo [*Monitoring of heavy metals contamination of agricultural land of Rightbank Forest steppe*]. *Slovak international scientific journal – Slovak international scientific journal*, 40. 12-17 [in Ukrainian].
3. Yarovy, G. I., Romanov, O.V. (2017) Ovochivnytstvo: navchal'nyy posibnyk. [*Vegetable growing: a study guide.*] Kharkiv: KHNAU. 376 s. [in Ukrainian].
4. Sievidova, I. O., Leshchenko, L. O. (2017) Stan, problemy ta perspektyvy rozvytku ovochivnytstva v Ukraini. [*Status, problems and prospects of development of vegetable growing in Ukraine*] *Investytsii: praktyka ta dosvid - Investments: practice and experience*, 12. 28-33 [in Ukrainian].
5. Hil', L. S., Pashkovs'ky, A. I., Sulima, L. T. (2008). Suchasni tekhnolohiyi ovochivnytstva zakrytoho i vidkrytoho gruntu. [*Modern technologies of vegetable growing in closed and open soil.*] 2. *Vidkrytyy grunt. Navchal'nyy posibnyk - Open ground: a study guide*, Vinnytsya: Nova Knyha, 312 s. [in Ukrainian].
6. Razanov, S., Pidubna, A., Gucol, G., Symochko, L., Kovalova, S., Bakhmat, M., Bakhmat, O. (2022) [*Estimation of heavy metals accumulation by vegetables in agroecosystems as one of the main aspects in food security*]. *International journal of ecosystems and ecology science (IJEES)*, 12 (3).159-164 [in English].
7. Tsytsiura, Ya.H., Bronnikova, L.F., Pelekh, L.V. (2017). Gruntovy pokryv Vinnychchyny: henezys, sklad, vlastyvoli ta napriamy efektyvnoho vykorystannia: monohrafiia. [*Soil cover of Vinnytsia region: genesis, composition, properties and directions of effective use*]: monohrafiya – monograph. Vinnytsya: TOV «Nilan-LTD», 452 s. [in Ukrainian].
8. Klimat Ukrainy – Ukrainyskyi Hidromettsentr. [*Climate of Ukraine - Ukrainian Hydrometeorological Center.*] URL: <https://meteo.gov.ua/ua/33562/climate/climate/> [in Ukrainian].
9. Prymak I. D., Polovyi A. M., Hamalii I. P. (2008). Silskohospodarska meteorolohiia ta klimatolohiia [*Agricultural meteorology and climatology*]. Bila Tserkva. 468 s. [in Ukrainian].
10. DSTU 6009:2008 Redyska svizha. Tekhnichni umovy. (2010). [*Fresh radish. Specifications. Kind.*]. Vyd. ofits. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. [in Ukrainian].
11. DSTU 8107:2015 Salat svizhyy. Tekhnichni umovy. (2017). [*Fresh salad. Specifications. Kind*] Vyd. ofits. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. [in Ukrainian].

ANNOTATION

INTENSITY OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN RADISH AND LETTUCE GROWN IN CLOSED SOILS IN THE CONDITIONS OF THE FOREST STEPPE OF THE RIGHT BANK

One of the important tasks in vegetable production is the expansion of the range of vegetable crops in open and closed soil, which will ensure a constant supply of fresh vegetable products to consumers throughout the year. Lettuce and radish are among the many green vegetables that play an important role in solving this problem.

In this work, the intensity of accumulation of heavy metals (Pb, Cd, Zn, Cu) in lettuce of the Record variety and radish of the Saxony variety in closed and open conditions of dark gray podzolized soil was studied.

It was established that the concentration of Pb, Cd, and Zn in seeded lettuce grown under closed soil conditions was 1.5 times, 1.8 and 1.12 times lower, respectively, and in seeded radish by 1.5 times, 1.05 and 1, 23 times compared to similar products grown in open ground conditions. When growing lettuce and radish in closed soil conditions, the accumulation coefficient of Pb, Cd, Zn was lower by 2.0 times and 2.0 times, 1.8 times and 1.6 times, and 1.2 times and 1.2 times, respectively compared to similar products grown in open ground conditions.

The coefficient of accumulation of Pb, Cd, Zn in lettuce grown in open ground was 2.0, 1.8, 1.12 times higher than that of lettuce grown in closed ground, respectively, and the coefficient of Pb accumulation in radish roots grown in open ground was 2.0 times higher than in the closed one, Cd concentration 1.6 times, Zn 1.2 times, and Cu 1.2 times, respectively. The research results showed that the hazard ratio of Pb in lettuce leaves and radish roots when grown in open ground was 1.5 times higher compared to similar vegetables grown in closed ground, the hazard ratio of Cd and Zn in lettuce leaves and radish roots grown under conditions of open soil was 1.8 and 1.06 times higher, respectively, compared to vegetables grown in closed soil, the hazard ratio of Cu in lettuce that was grown under closed soil conditions was 0.7 times higher compared to that grown in open soil. In radish roots, the risk factor of Cu was 1.5 times higher than in vegetables grown under open soil conditions.

Key words: *heavy metals, closed soil, accumulation coefficient, hazard coefficient, seed lettuce, seed radish.*

Table.3. Fig. 1. Lit. 11.

Інформація про авторів

Піддубна Антоніна Миколаївна – аспірантка кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3; e-mail: piddubnaantonina@gmail.com).

Piddubna Antonina – graduate student of the Department of Ecology and Environmental Protection, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3 Sonyachna St.; e-mail: piddubnaantonina@gmail.com).