

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця на
правах рукопису

МАЗУР ОЛЬГА ВІКТОРІВНА

УДК 582.991.131:631.8:631.559(477.7)(292.485)

ДИСЕРТАЦІЯ

ВПЛИВ УДОБРЕННЯ ТА ДЕСИКАЦІЇ ПОСІВІВ СОНЯШНИКУ НА
УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ І ПРОДУКЦІЇ ЙОГО ПЕРЕРОВКИ
В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

201 Агрономія

20 Аграрні науки та продовольство

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



О.В.Мазур

Науковий керівник:

Гуцол Галина Василівна,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Вінниця – 2025

АНОТАЦІЯ

Мазур О.В. Вплив удобрення та десикації посівів соняшнику на урожайність та якість насіння і продукції його переробки в умовах Лісостепу Правобережного. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія. – Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, 2025.

Сучасний агроекологічний стан ґрунтів характеризується різноманітним забрудненням та деградацією внаслідок інтенсифікації галузі рослинництва. Зокрема, мінімізація культур в сівозміні, максимальне використання мінеральних добрив та застосування засобів боротьби з бур'янами і шкідниками рослин, призводить до накопичення у вирощеній продукції різних токсикантів в тім числі і важких металів.

Певні зміни відбулись і у технології вирощуванні соняшнику, а саме способи підвищення урожайності, які переважно базуються на використанні високих норм мінеральних добрив та порівняно мало органічних. Тобто сучасні виробничі умови вирощування соняшнику характеризуються певними особливостями від яких залежить, як урожайність так і якість виробленої продукції.

Аналіз використання мінеральних добрив для балансу елементів живлення рослин в умовах сільськогосподарських угідь Лісостепу Правобережного показує, що цей процес до 95% відбувається за рахунок мінеральних добрив, у деяких випадках цей показник є дещо вищим. Мінеральне удобрення ґрунтів добривами сприяє підвищенню врожайності, що в тою чи іншою мірою підвищує обсяги виробництва та рівень рентабельності. Поряд з цим необхідно відмітити і недоліки використання мінеральних добрив, зокрема підкислення ґрунтів, забруднення їх різними токсикантами, в тому числі і важкими металами, та підвищення техногенного навантаження на сільськогосподарські угіддя.

Тому метою даного напрямку досліджень було вивчення різних норм мінеральних добрив для оптимізації техногенного навантаження при їх використанні та їхній вплив на особливості росту і розвиток посівів соняшнику та накопичення в ґрунті важких металів у результаті інтенсивного землеробства в умовах екологічної нестабільності Лісостепу Правобережного.

Особливого занепокоєння як у практиків так і у науковців набуває зростаючий рівень накопичення в ґрунтах сільськогосподарських угідь важких металів, які мігрують у вегетативну масу та насіння знижуючи якість та безпеку продуктів його переробки.

На сьогоднішній час в умовах Лісостепу правобережного виробником соняшнику, є як індивідуальні власники, так і фермерські господарства в яких технології вирощування можуть в певній мірі відрізнятись. За даного виробництва не завжди можливо спрогнозувати інтенсивність надходження важких металів у вегетативну масу та насіння соняшнику. Тому вирощування соняшнику за таких умов має бути під постійним контролем за якістю та безпекою.

Суттєве виснаження ґрунтів сільськогосподарського призначення внаслідок інтенсифікації галузі рослинництва призвело до зниження деяких елементів живлення рослин до 60 разів, що потребують відновлення за рахунок удобрення ґрунтів.

Особливу увагу привертає підвищення рівня удобрення ґрунтів мінеральними добривами та використання нових хімічних засобів, зокрема десикантів, та інше за умови вирощування сільськогосподарських культур, у тому числі і соняшнику, що помітно підвищує техногенне навантаження на ґрунти сільськогосподарського призначення.

У зв'язку з цим виникає потреба у постійному контролі за міграцією токсикантів, зокрема важких металів та десикантів в системі ґрунти – продукція рослин для прогнозованої якості виробленої продукції.

Насіння соняшнику широко використовується в багатьох галузях

народного господарства, зокрема в харчовій, енергетичній, тваринницькій промисловостях та ін.

Поряд з цим у результаті вирощування цієї культури одержують вегетативну масу, нектар та квітковий пилок. Не менш важливими і цінними є відходи, одержані від переробки насіння – шрот та макуха, певного значення набуває і використання лузги.

Насіння соняшнику використовують для виробництва олії, яка широко застосовується в харчовій промисловості та є цінною завдяки високому вмісту ненасичених жирних кислот. Насіння сучасних сортів соняшнику містить до 55% олії та до 16% білку.

Вегетативна зелена маса соняшнику, урожайність якої складає до 600 ц/га, використовується для корму тварин, а залишки сухої маси - як джерело поживних речовин для ґрунтів та сировина для виробництва палетів.

Відходи, одержані при переробці насіння соняшнику (шрот, макуха), є цінним високобілковим кормом для тварин, а лузга – сировиною для виробництва етилового спирту та кормових дріжджів.

На сьогоднішній час особливої цінності набуває використання соняшникового нектару і пилку як сировини для виробництва продукції бджільництва. Адже соняшник, порівняно з іншими рослинами-нектароносами, менш реагує на зниження нектаропродуктивності внаслідок високих температур та низької кількості опадів. В умовах Лісостепу Правобережного основною сировиною для вироблення монофлорного меду є нектар, виділений соняшником, завдяки чому Україна посідає одне із перших місць на світовому ринку з виробітку меду. У сучасних екологічних умовах посів соняшнику не тільки створює умови для виробництва високопоживних, з лікувальними властивостями продуктів бджільництва, які є наслідком переробки нектару і квіткового пилку цієї рослини, а й забезпечує збереження таких корисних комах як медоносні бджоли, поставляючи їм життєво необхідні продукти живлення.

Використання продукції рослинництва із вмістом важких металів як

продовольчої сировини для виготовлення продуктів харчування призводить до накопичення цих токсикантів в тканинах організму людини, викликаючи різні порушення, і як наслідок – виникнення різних захворювань.

За одержаних результатів досліджень виявлено певний вплив мінерального удобрення ґрунтів на польову схожість посівів соняшнику. Зокрема, при висіванні 75 000 схожих насінин соняшнику на гектар польова схожість насіння становила 86,7-92,0 %. Найвищу польову схожість насіння мали варіанти удобрення $N_{45}P_{90}K_{45}$, $N_{45}P_{45}K_{90}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування, а найменшу – з контрольного варіанту без внесення добрив.

Зміна співвідношення NPK добрив за вирощування соняшнику певною мірою вплинула і на його урожайність. Так, за удобрення ґрунтів $N_{45}P_{45}K_{45}$ врожайність соняшнику в середньому за 2022-2024 роки склала 2,20 т/га. Підвищення у два рази аміачної селітри у варіанті ($N_{90}P_{45}K_{45}$) суперфосфату подвійного ($N_{45}P_{90}K_{45}$) калію хлористого ($N_{45}P_{45}K_{90}$) та у варіанті ($N_{90}P_{90}K_{90}$) спостерігалось збільшення врожайності на 20,4%, 6,0%, 10,4% та 60,4%.

За удобрення сірого лісового ґрунту $N_{45}P_{45}K_{45}$ валове надходження важких металів склало 20400,9 мг/га за підвищення у два рази норми внесення аміачної селітри (варіант $N_{90}P_{45}K_{45}$), суперфосфату подвійного (варіант $N_{45}P_{90}K_{45}$) та калію хлористого (варіант $N_{45}P_{45}K_{90}$) виявлено підвищення надходження цих речовин до ґрунтового середовища на 17,5%, 45,2% та 23,9% відповідно.

Нашими дослідженнями встановлено, що вміст Pb, Cd у вегетативній масі був вищим за ДР у 2,65 рази, 2,1 рази, тоді як у насінні соняшнику був нижчим за ДР у 5,47 рази, 9,0 рази відповідно.

У продукції переробки квіткового нектару соняшнику (бджолиного обніжжя) виявлено нижчий вміст Pb у 1,75 рази, Cd у 7,85 рази, Zn у 1,38 рази та Cu у 1,47 рази порівняно з допустимими рівнями.

Вміст нітратів у насінні соняшнику, вирощеного на сірих лісових ґрунтах становив 32,2 мг/кг. В продуктах переробки насіння соняшнику вміст нітратів не перевищував ДР, однак був дещо іншим і складав: у фусі – 24,5

мг/кг, що було на 23,9% менше, ніж вміст нітратів у насінні соняшнику, а у шроті – 60,2 мг/кг, що було на 46,5% більше, ніж у насінні соняшнику.

Одержані результати досліджень показали, що за урожайності обмолоченої вегетативної маси соняшнику 47 ц/га (у повітряно-сухій масі) з сірого лісового ґрунту виноситься з одного гектару площі 62040 мг – Pb, 1034 мг – Cd, 65800 мг – Zn та 41360 мг – Cu.

За врожайності насіння соняшнику 21 ц/га спостерігається винесення з сірого лісового ґрунту Pb – 182,7 мг/га, Cd – 231 мг/га, Cu – 2625 мг/га та Zn – 12810 мг/га.

Винесення важких металів нектаром соняшнику (мед) з ґрунту склало по Pb – 2880 мг/га, Cd – 180 мг/га, Cu – 7440 мг/га та Zn – 36840 мг/га.

Аналізуючи інтенсивність винесення важких металів квітковим пилом соняшнику з сірого лісового ґрунту, необхідно відмітити, що з площі одного гектару з цією продукцією видаляється Pb – 2565 мг/га, Cd – 1215 мг/га, Cu – 15300 мг/га та Zn – 32400 мг/га.

Валове винесення продукцією соняшнику (вегетативна маса, насіння, квітковий пилочок, нектар) з сірого лісового ґрунту важких металів, необхідно зазначити, що даний показник склав по Pb – 11,83 г/га, Cd – 1,56 г/га, Zn – 108,2 г/га та Cu – 106,3 г/га.

Удобрення ґрунтів мінеральними добривами певною мірою вплинули на накопичення Cd, Zn та Cu у насінні соняшнику.

Так, у насінні соняшнику за удобрення сірого лісового ґрунту аміачною селітрою (N₉₀) спостерігалось підвищення Cu на 8,0%, Zn - на 4,0% та Cd - на 28%, суперфосфату подвійного (P₉₀) – Cu зниження на 2,4% і підвищення Zn та Cd на 4,0% і 80% відповідно, калію хлористого (K₉₀) – Zn на 1,4% і Cd на 92% та комплексного удобрення (аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий N₉₀P₉₀K₉₀) Cu на 12,0%, Zn на 3,5% та Cd на 68,0% порівняно з варіантом без удобрення.

У зразках насіння соняшнику, посіви якого не підлягали десикації, гліфосату не виявлено, тоді як у зразках за десикації вміст його складав

0,28 мг/кг. Порівняно з максимально допустимим рівнем фактичний вміст гліфосату був нижчий лише на 6,6%. Ядра насіння соняшнику при цьому містили 0,16 мг/кг гліфосату. Різниця між вмістом гліфосату у насінні та його ядрами складала 0,12 мг/кг.

Аналізуючи екологічну і економічну ефективність вирощування соняшнику, необхідно зазначити, що соняшник володіє досить високим рівнем накопичення важких металів. Зокрема з урожаєм соняшнику (вегетативна маса, насіння, нектар, квітковий пилок) із розрахунку на 1 га площі, виноситься з ґрунту 67667.7 мг – Pb, 1566,5 мг – Cd, 147850 мг – Zn та 141335 мг – Cu.

Ключові слова: соняшник, ґрунт, удобрення ґрунтів, насіння, важкі метали, десикація, вегетація, урожайність, інтенсивне землеробство, якість олій, гібрид, структура посіву, поглинання Cd, мінеральні добрива.

ABSTRACT

Mazur O.V. The impact of fertilization and desiccation of sunflower crops on the yield and quality of seeds and products of its processing in the conditions of the forest – steppe of the right bank. – Qualification scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 agronomy. – Vinnytsia National Agrarian University, Vinnitsa, 2025.

The modern agro-ecological state of soils is characterized by various pollution and degradation due to the intensification of the crop industry. In particular, the minimization of crop rotation, the maximum use of mineral fertilizers and the use of weeds and pests of plants, leads to the accumulation of various toxicants in the products of grown products and heavy metals.

Some changes have taken place in the technology of sunflower growing, namely the methods of increasing yields, which are mainly based on the use of high mineral fertilizer standards and relatively little organic. That is, modern

production conditions of sunflower cultivation are characterized by certain features on which, both the yield and the quality of the produced products.

Analysis of the use of mineral fertilizers for the balance of plant nutrients in the conditions of agricultural lands of the forest – steppe of the right bank shows that this process is up to 95% due to mineral fertilizers, in some cases this figure is slightly higher. Mineral fertilizer fertilizers contribute to increased yields, which in one way or another increases production volumes and profitability. In addition, it is necessary to note the disadvantages of the use of mineral fertilizers, in particular soil acidification, contamination of various toxicants, including heavy metals, and increased technogenic load on agricultural land. Therefore, the purpose of this area of research was to study different standards of mineral fertilizers to optimize man – made load when used and their impact on the peculiarities of growth and development of sunflower crops and the accumulation of heavy metals in soil as a result of intensive agriculture in the conditions of environmental instability of the forest – steppe.

Particularly concerned, both practitioners and scientists, becomes increasing the accumulation of heavy metals in the soils of agricultural land, which migrate into vegetative mass and seeds by reducing the quality and safety of its products.

To date, in the conditions of the forest – steppe of the right – bank sunflower producer, there are both individual owners and farms in which cultivation technologies can be differently different. In this production, it is not always possible to predict the intensity of heavy metals into vegetative mass and sunflower seeds. Therefore, growing sunflower under such conditions should be under constant quality and safety control.

Significant depletion of agricultural soil due to the intensification of the crop industry has led to a decrease in some plant nutrients up to 60 times, which require restoration due to fertilization of soil.

Particular attention is paid to increasing the fertilizer level of mineral fertilizers and the use of new chemicals, including desiccants, and more, with crop growing, including sunflower, which significantly increases the man – made load

on agricultural soils. In this regard, there is a need for constant monitoring of the migration of toxicants, including heavy metals and soils in the soil system – plant production for the projected quality of produced products.

Sunflower seeds are widely used in many sectors of the economy, in particular in the food, energy, livestock industries, etc.

Along with this, the cultivation of this crop receive vegetative mass, nectar and flower pollen. Equally important and valuable are the waste from seed processing – meal and cake, and the use of husk is of some importance.

Sunflower seeds are used for oil production, which is widely used in the food industry and is valuable due to the high content of unsaturated fatty acids. The seeds of modern sunflower varieties contain up to 55% oil and up to 16% protein.

The vegetative green mass of sunflower, whose yield is up to 600 c/ha, is used for animal feed, and dry mass residues – as a source of nutrients for soil and raw materials for the production of pallets.

The waste obtained during the processing of sunflower seeds (meal, cake) is a valuable high – protein feed for animals, and the husk – raw materials for the production of ethyl alcohol and feed yeast.

To date, the use of sunflower nectar and pollen as raw materials for the production of bee products is of particular value. After all, sunflower, compared to other plants – nectarnes, is less responding to a decrease in nectar productivity due to high temperatures and low rainfall. In the conditions of the forest – steppe of the right – bank, the main raw material for the production of monofloral honey is the nectar, the sunflower is, which makes Ukraine one of the first places in the world market for honey production. In modern environmental conditions, sunflower sowing not only creates conditions for the production of high – use, with the healing properties of bee products, which are the result of processing nectar and flower pollen of this plant, but also ensures the preservation of such useful insects as honey bees, supplying them with vital nutrition.

The use of crop production containing heavy metals as food raw materials for the manufacture of food leads to the accumulation of these toxicants in the

tissues of the human body, causing various disorders, and as a consequence – the occurrence of various diseases.

The results of the research revealed a certain effect of mineral fertilization of soils on the field similarity of sunflower crops. In particular, when sowing 75,000 similar sunflower seeds per hectare, the field germination of seeds was 86.7-92.0 %. The highest field germination of seeds had options for fertilization $N_{45}P_{90}K_{45}$, $N_{45}P_{45}K_{90}$ and $N_{45}P_{45}K_{45} + \text{Lime}$, and the smallest – from the control version without fertilizing. Changing the ratio of NPK fertilizers for sunflower growing to some extent affected its yield. Thus, for fertilization of soils $N_{45}P_{45}K_{45}$ the yield of sunflower on average for 2022-2024 was 2.20 t/ha. Double – haired ammonium nitrate in the variant ($N_{90}P_{45}K_{45}$) of the double ($N_{45}P_{90}K_{45}$) superphosphate ($N_{45}P_{45}K_{90}$) potassium ($N_{90}P_{90}K_{90}$), an increase in yield by 20.4%, 6.0%, 10.4%, 60.4%.

For fertilization of gray forest soil $N_{45}P_{45}K_{45}$, the gross inlet of heavy metals amounted to 20400.9 mg/ha for an increase in the standard of application of ammonia nitrate (variant $N_{90}P_{45}K_{45}$), superphosphate of double (variant $N_{45}P_{90}K_{45}$) and Kali. substances to the soil environment by 17.5%, 45.2% and 23.9%, respectively.

Our studies have found that the content of PB, CD in the vegetative mass was higher than the DR by 2.65 times, 2.1 times, while in sunflower seeds was lower than DR 5.47 times, 9.0 times, respectively.

In the production of sunflower nectar processing (bee browning), the lower PB content was 1.75 times, 7.85 times, Zn 1.38 times and Cu 1.47 times compared to the permissible levels.

The nitrate content in sunflower seeds grown on gray forest soils was 32.2 mg/kg. In the products of sunflower seeds, the nitrate content did not exceed DR, but was slightly different and was: in Fus – 24.5 mg/kg, which was 23.9% less than the content of nitrates in sunflower seeds, and in the meal – 60.2 mg/kg, which was 46.5% more than in sunflower. The results of the studies have shown that at the yield of threshed vegetative mass of sunflower 47 c/ha (in air-dry mass) from gray

forest soil is removed from one hectare of area of 62040 mg – Pb, 1034 mg – CD, 65800 mg – Zn and 41360 – Cu.

With the yield of sunflower seeds, 21 c/ha of gray forest soil PB – 182.7 mg/ha, CD – 231 mg/ha, Cu – 2625 mg/ha and Zn – 12810 mg/ha.

The removal of heavy metals by sunflower nectar (honey) from the soil was pb – 2880 mg/ha, CD – 180 mg/ha, Cu – 7440 mg/ha and Zn – 36840 mg/ha.

Analyzing the intensity of heavy metals with flower pollen from gray forest soil, it should be noted that PB – 2565 mg/ha is removed from the area of one hectare with these products, 1215 mg/ha, Cu – 15300 mg/ha and Zn – 32400 mg/ha.

Gross removal of sunflower products (vegetative mass, seeds, flower pollen, nectar) from gray forest soil of heavy metals, it should be noted that this indicator was PB – 11.83 g/ha, CD – 1.56 g/ha, Zn – 108.2 g/ha and Cu – 106.3 g/ha.

Soil fertilizers have some extent affected by the accumulation of CD, Zn and Cu in sunflower seeds to some extent.

Thus, in sunflower seeds with gray forest soil with ammonia nicithy (N90), an increase in Cu was observed by 8.0%, Zn – by 4.0% and CD – by 28%, double (P90) superphosphate – Cu decrease by 2.4% and 800% and CDs. Zn by 1.4% and CD by 92% and comprehensive fertilizer (ammonium nitrate, superphosphate simple, potassium chloride N90P90K90) Cu by 12.0%, Zn by 3.5% and CD by 68.0% compared to without fertilization.

In the samples of sunflower seeds, the crops of which were not subject to desiccations, glyphosate was not detected, while in the samples for desiccation, the contents of it was it.

Compared to the maximum allowable level, the actual glyphosate content was lower by only 6.6%. The nuclei of sunflower seeds thus contained 0.16 mg/kg of glyphosate. The difference between the content of glyphosate in the seeds and its nuclei was 0.12 mg/kg.

Analyzing the ecological and economic efficiency of sunflower cultivation, it should be noted that sunflower has a fairly high level of accumulation of heavy

metals. In particular with sunflower harvest (vegetative mass, seeds, nectar, flower pollen) per 1 ha of area, is removed from the soil 676667.7 mg – Pb, 1566.5 mg – Cd, 147850 mg – Zn and 141335 mg – Cu.

Keywords: sunflower, soil, soil fertilisation, seeds, heavy metals, desiccation, vegetation, yield, intensive farming, oil quality, hybrid, sowing structure, Cd uptake, mineral fertilisers.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в іноземному науковому фаховому виданні, що індексуються в міжнародних наукометричних баз Scopus

1. Tkachuk O., Gucol G., Mazur O., Verhelis V., Titarenko O. Ecological safety of sunflower seeds in the conditions of agricultural intensification. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27 (1). DOI:10.48077/scihor1.2024.71. URL: https://sciencehorizon.com.ua/web/uploads/pdf/Scientific%20Horizons_%202024_Vol.%2027,%20No.1-71-79.pdf (1,01 друк. арк., дольова частка 0,40 друк. арк. Особистий внесок автора: було виявлено ризики накопичення токсичних речовин у ґрунті та насінні соняшнику, підготовлено матеріали до друку)

Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених до міжнародної наукометричної бази даних (Index Copernicus).

1. Гуцол Г., Мазур О. Вирощування олійних культур та інтенсивність накопичення важких металів у ґрунтах за їх мінерального удобрення в умовах Вінниччини. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. №1 (24). DOI:10.37128/2707-5826-2022-1-16 <http://forestry.vsau.org/storage/articles/May2022/5LRHtuj7DO0Ho09mlTGd.pdf> (0,58 друк. арк., дольова частка 0,29 друк. арк. Особистий внесок автора: досліджено вплив мінерального удобрення при вирощуванні олійних культур на інтенсивність надходження до ґрунтів важких металів, підготовлено матеріали до друку)

2. Гуцол Г.В., Мазур О.В. Вміст нітратів у насінні соняшнику та продуктах його переробки при вирощуванні на сірих лісових ґрунтах.

Сільське господарство та лісівництво. 2023. № 2 (29). DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2 <http://forestry.vsau.org/uk/particles/vmist-nitrativ-u-nasinni-sonyashniku-ta-produktah-jogo-pererobki-pri-viroshuvanni-na-sirih-lisovih-gruntah> (0,8 друк. арк., дольова частка 0,4 друк. арк. Особистий внесок автора: встановлено вміст нітратів у насінні соняшнику та продуктах його переробки: фусі з олії та шроті, підготовлено матеріали до друку)

3. Гуцол Г.В., Мазур О.В. Ріст та розвиток соняшнику залежно від удобрення. *Сільське господарство та лісівництво. 2024. № 1 (32). DOI: 10.37128/2707-5826-2024-1-6 <http://forestry.vsau.org/uk/particles/rist-ta-rozvitok-sonyashniku-zalezno-vid-udobrennya> (0,93 друк. арк., дольова частка 0,46 друк. арк. Особистий внесок автора: вивчено вплив різних норм мінеральних добрив на особливості росту і розвитку посівів соняшнику, підготовлено матеріали до друку)*

4. Гуцол Г.В., Мазур О.В. Інтенсивність накопичення важких металів насінням та шротом соняшнику. *Вісник Львівського національного університету природокористування «Агрономія». 2023. № 27. DOI: 10.31734/agronomy2023.27.041 <https://visnyk.lnup.edu.ua/index.php/agronomy/article/view/232> (0,46 друк. арк., дольова частка 0,23 друк. арк. Особистий внесок автора: досліджено вміст токсичних речовин у ґрунті при вирощуванні соняшнику, підготовлено матеріали до друку)*

5. Мазур О.В. Інтенсивність накопичення важких металів вегетативною масою соняшнику на сірих лісових ґрунтах в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2024. Вип. 136. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.136.2.36 URL: <https://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/issue-136-2-2024> (0,4 друк. арк., дольова частка 0,4 друк. арк. Особистий внесок автора: вивчено інтенсивність накопичення важких металів вегетативною масою (стеблова і листкова маса) соняшнику за вирощування цієї культури на сірих лісових ґрунтах, підготовлено матеріали до друку.)*

Інші видання (тези доповідей)

1. Мазур О.В. Небезпека накопичення нітратів у насінні соняшнику та продуктах його переробки в умовах інтенсифікації галузі. «Vin Smart Eco». Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції 18-20 травня

2023 року. URL: https://nsi.nuwm.edu.ua/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download&catid=256&id=469&Itemid=1000000000000 (особистий внесок автора – 0,32 друк. арк.)

2. Мазур О.В. Інтенсивність накопичення важких металів у ґрунтах за вирощування олійних культур на різних фонах мінерального живлення. IV Correspondenct International Scientific and Practical Conference «An integrated approach to science modernization: methods, models and multidisciplinary». Вена, Австрія, 18-19 серпня 2022 року. URL: <https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/issue/view/26.08.2022> (особистий внесок автора – 0,32 друк. арк.)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	17
ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. ВИКОРИСТАННЯ В НАРОДНОМУ ГОСПОДАРСТВІ ПРОДУКЦІЇ СОНЯШНИКУ ЙОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ЯКІСТЬ УРОЖАЮ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО (Огляд літератури).....	23
1.1. Обсяги виробництва продукції соняшнику та її використання в народному господарстві	23
1.2. Еколого-морфологічні особливості соняшнику та технологія його вирощування.....	28
1.3. Наслідки техногенного навантаження інтенсивного землеробства на ґрунти польової сівоzmіни та вироблену продукцію	33
1.4. Наслідки техногенного навантаження на сільськогосподарські угіддя та заходи щодо підвищення якості виробленої продукції	39
Список використаних джерел до розділу 1	44
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИКА ТА ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	60
2.1. Умови проведення досліджень	60
2.2. Методика проведення досліджень.....	72
Список використаних джерел до розділу 2	79
РОЗДІЛ 3. УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ВИРОБЛЕНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ І ДЕСИКАЦІЇ ПОСІВІВ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО	81
3.1. Урожайність соняшнику та надходження важких металів у сірий лісовий ґрунт з мінеральним удобренням	81
3.2. Накопичення важких металів в продукції соняшнику	97
3.3. Вплив різного виду мінеральних добрив та десикації посіві соняшнику на якість виробленої продукції	128

	16
3.4. Еколого-економічна ефективність	143
Список використаних джерел до розділу 3	146
ВИСНОВКИ.....	147
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	149
ДОДАТКИ.....	150

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

в.п. – відсотковий пункт;

га – гектар;

грн – гривня;

ДСТУ – Державний стандарт України;

і ін. – і інше;

кг/га – кілограм на гектар;

Кнак. – коефіцієнт накопичення;

Кнеб. – коефіцієнт небезпеки;

М – середньо арифметичний показник;

мг/кг – міліграм на кілограм;

мм – міліметр;

р. – рік;

рр. – роки;

см – сантиметр;

т/га – тонна на гектар;

табл. – таблиця;

ФГ – фермерське господарство;

Cd – кадмій;

Cu – мідь;

K – калій;

m – похибка середнього арифметичного показника;

n – кількість зразків;

N – азот;

P – фосфор;

Pb – свинець;

Zn – цинк;

% – відсоток;

°C – градус Цельсія.

ВСТУП

Актуальність теми. Важливим завданням соціального розвитку України є створення умов безпечного проживання населення, серед яких важливе місце посідає пріоритетність екологізації сільськогосподарського виробництва, що базується на виробництві високоякісної сировини продовольчого спрямування.

Ці принципи набувають особливої актуальності в сучасних умовах інтенсифікації галузі рослинництва, якій притаманний високий рівень хімізації.

Практика показує, що за останні декілька десятиліть обсяг використання хімічних засобів удобрення ґрунтів, боротьба з бур'янами, шкідниками та хворобами рослин стрімко зросли, що підвищило певний техногенний вплив на сільськогосподарські угіддя та якість виробленої продукції рослинництва.

Особливу увагу привертає суттєве підвищення рівня удобрення ґрунтів мінеральними добривами та використання нових хімічних засобів, зокрема десикантів та інше.

Удобрення ґрунтів мінеральними добривами призводить до надходження важких металів у ґрунтове середовище та включення обмінних його форм у колообіг, що призводить до накопичення їх в урожаї сільськогосподарських культур.

Виявлено, що практично всі мінеральні добрива містять важкі метали, кількість яких залежить від виду добрив та джерела видобування.

Про включення важких металів в колообіг та накопичення їх сільськогосподарськими культурами свідчить підвищення цих токсикантів у зерні та насінні цих культур і незначних їх змін у ґрунтовому середовищі на фоні мінерального удобрення.

Поряд з цим широкого застосування в сучасному рослинництві під час вирощування соняшнику набуває його десикація.

У зв'язку з цим виникає потреба у постійному контролі за міграцією токсикантів, зокрема важких металів та десикантів в системі ґрунти – продукція рослин для оптимізації якості виробленої продукції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до плану наукових досліджень Вінницького національного аграрного університету і є складовою завдання наукового дослідження робіт: «Оптимізація способів підвищення якості і безпеки продукції рослинництва в умовах забруднення сільськогосподарських угідь Вінниччини різними токсикантами, зумовленого інтенсифікацією галузі» (номер державної реєстрації 0121U109037, 04.21 – 11.2024 рр.), у межах якої автором було вивчено кількість важких металів, що надходять з мінеральними добривами у вегетативну масу соняшнику та його насіння; «Екологізація виробництва і переробки насіння олійних культур в умовах інтенсифікації галузі Лісостепу Правобережного» (номер державної реєстрації 0123U102287, термін виконання: квітень 2022 року – грудень 2025 року), автором вивчено продуктивність посівів соняшнику залежно від систем удобрення та десикації.

Мета та завдання досліджень. Метою досліджень було вивчення впливу удобрення ґрунтів мінеральними добривами та десикації соняшнику на якість насіння соняшнику та продуктів його переробки.

Для вирішення поставленої мети в завдання досліджень входило:

- дослідити ріст, розвиток та урожайність соняшнику за мінерального удобрення ґрунтів;
- встановити рівень накопичення важких металів у ґрунтах за різного комплексного мінерального удобрення ґрунтів ($N_{45}P_{45}K_{45}$);
- вивчити накопичення важких металів в урожаї соняшнику та продуктах його переробки за комплексного мінерального удобрення ґрунтів;
- вивчити вплив мінерального удобрення сірого лісового ґрунту на накопичення нітратів у насінні соняшнику та продуктах його переробки;

- вивчити вплив певного виду мінеральних добрив (азотні N_{90} , фосфорні P_{90} , калійні K_{90}) на врожайність та насіння соняшнику та вміст в ньому важких металів;
- дослідити вплив десикації соняшнику на накопичення у насінні та продуктах його переробки гліфосату;
- провести еколого-економічну ефективність;
- провести апробацію результатів досліджень.

Об'єкт досліджень: якість насіння соняшнику та продуктів його переробки внаслідок удобрення ґрунтів та десикації соняшнику в умовах інтенсифікації галузі.

Предметом досліджень є накопичення свинцю, кадмію, ртуті, цинку, міді та гліфосату у насінні соняшнику та продуктах його переробки внаслідок удобрення ґрунтів та десикації соняшнику.

Методи досліджень:

- аналітичний (огляд літературних першоджерел за темою дисертаційної роботи);
- польові (постановка експериментів вирощування соняшнику);
- хімічні (визначення вмісту токсикантів у продукції);
- статистичні (біометрична обробка);
- економічні (розрахунок економічної ефективності виробництва продукції).

Наукова новизна одержаних результатів.

Уперше в умовах інтенсивного землеробства досліджено:

- інтенсивність накопичення рухомих форм свинцю, кадмію, цинку, міді та ртуті у стебловій масі соняшнику та його продукції;
- вплив удобрення ґрунтів (N,P,K, вапно) на урожайність соняшнику та накопичення у виробленій продукції свинцю, кадмію, цинку, міді та ртуті;
- вплив десикації соняшнику на накопичення гліфосату у виробленій продукції.

Практичне значення одержаних результатів. На підставі експериментальних досліджень з'ясовано особливості накопичення важких металів (свинцю, кадмію, ртуті, цинку, міді) та десикантів (гліфосату) у насінні соняшнику та продуктах його переробки в умовах інтенсифікації галузі.

Особистий внесок здобувача.

Здобувачем самостійно розроблено наукову концепцію, яку покладено в основу дисертаційної роботи, сформульовано мету та основні етапи досліджень. Проведено аналіз літературних першоджерел з обраної теми, експериментальне дослідження, статистичну обробку одержаних даних, сформульовано висновки та пропозиції виробництву. Вибір напрямку окремих методів досліджень здійснювався разом з науковим керівником.

Апробація результатів досліджень.

Основні результати дисертаційної роботи обговорювалися на наукових конференціях:

- Всеукраїнська науково-практична конференція «Розвиток аграрної науки в умовах змін клімату та діджиталізації землеробства». м. Вінниця, 9-10 червня 2022. Тема доповіді: «Інтенсивність накопичення важких металів у ґрунтах за вирощування олійних культур на різних фонах мінерального живлення з огляду на зміну клімату».

- IV Correspondence International Scientific and Practical Conference «An integrated approach to science modernization: methods, models and multidisciplinary». Вена, Австрія, 18-19 серпня 2022. Тема доповіді: «Інтенсивність накопичення важких металів у ґрунтах за вирощування олійних культур на різних фонах мінерального живлення».

- Вміст нітратів у насінні соняшнику та продуктах його переробки при вирощуванні на сірих лісових ґрунтах. Всеукраїнська науково-практична конференція «Аграрна галузь України в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку». Вінниця. ВНАУ. 24-25 травня 2023.

- Небезпека накопичення нітратів у насінні соняшнику та

продуктах його переробки в умовах інтенсифікації галузі. III міжнародна науково-практична конференція «Vin Smart Eco». Вінниця 18–20 травня 2023.

- Накопичення важких металів вегетативною масою соняшнику в умовах Лісостепу Правобережного. Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологоорієнтовані технології вирощування сільськогосподарської продукції в умовах ґрунтозбереження та кліматичної нейтральності». Вінниця. ВНАУ. 23-24 травня 2024.

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 8 праць, 1 стаття в міжнародному науковому фаховому виданні, що індексується в міжнародних наукометричних базах Scopus, 5 статей в наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених до міжнародної наукометричної бази даних Index Copernicus, 2 тези доповідей на науково-практичних конференціях.

Структура та обсяги дисертаційної роботи. Дисертація складається із вступу, огляду літератури, загальної методики, основних результатів дослідження та їх обговорення, висновків та пропозицій виробництву, списку використаних першоджерел, додатків.

Робота викладена на – 161 сторінці комп'ютерного тексту, містить – 37 таблиць, 22 – рисунки та 9 – додатків. Список використаної літератури нараховує 163– джерел.

РОЗДІЛ 1. ВИКОРИСТАННЯ В НАРОДНОМУ ГОСПОДАРСТВІ ПРОДУКЦІЇ СОНЯШНИКУ ЙОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ЯКІСТЬ УРОЖАЮ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО (Огляд літератури)

1.1. Обсяги виробництва продукції соняшнику та її використання в народному господарстві

Літературні першоджерела показують, що батьківщиною вирощування соняшнику є південно-західна частина Північної Америки, де використання його продукції для продовольчих цілей розпочалося ще за 3 тисячі років до н.е. У 1510 році іспанці завезли соняшник до Європи та назвали його перуанською хризантемою. У Мадридському ботанічному саду, де вперше було вирощено соняшник як декоративну культуру, його називали «квіткою, яка повертає за Сонцем». Така назва соняшнику міцно закріпилась і до нинішнього часу у багатьох європейських країнах. В Україну соняшник потрапив у XVIII столітті, де вперше почав використовуватись як олійна культура, з якої виробляли олію. Спеціально сконструйовані заводи розпочали свою роботу в середині XIX століття [66]. Перші сорти з вмістом олії 28-30% були створені на початку XX століття. З часом були виведені сорти та гібриди соняшнику, які мали вищий вміст олії - до 53% з лужистістю не вище 25% [66].

У промислових масштабах соняшник активно вирощують близько 150 років. Інтенсивність вирощування соняшнику стрімко почала зростати починаючи з другої половини XX сторіччя. Зокрема тільки за 19 років (1979-1998рр.) площі під посіви соняшнику в світі зросли на 71%. На той час обсяги вирощування соняшнику складали в росії – 4,2 млн га, Аргентині – 3,2 млн га, Україні – 2,4 млн га, Індії – 2,2 млн га, США – 1,4 млн га [25]. У 2011 році посівні площі соняшнику у світі, за даними ФАО, становили 26,1 млн га, з середньою врожайністю 15,4 ц/га. Ареал вирощування соняшнику включав біля 60-ти країн світу.

Найпотужнішими виробниками соняшникової продукції у світі є

Україна – 8,7 млн т, Аргентина – 3,7 млн т, Франція – 1,8 млн т, Китай – 1,7 млн т, Угорщина – 1,4 млн т, Туреччина – 1,3 млн т. З 2013 року на світовому ринку за валовим виробництвом насіння соняшнику (понад 10 млн т) перше місце посіла Україна. З 2005 року активізувалося вирощування соняшнику на зрошуваних землях в Індії, Іраку, Ірані та Єгипті [25]. На сьогоднішній час в Україні серед олійних культур соняшник займає перше місце - 70% у структурі цих культур. За останні роки обсяги виробництва насіння соняшнику стрімко зростають. Цьому сприяють як сортова приналежність, технологія вирощування, так і розширення площ під посіви соняшнику. Середня врожайність насіння соняшнику складає 18,4 ц/га.

Ареал поширення соняшнику в польовій сівозміні України визначається перш за все метеорологічними параметрами місцевості, до яких належить рівень зволоження (кількість атмосферних опадів), температура зовнішнього середовища та відносна вологість повітря. Незважаючи на те, що соняшник є посухостійкою культурою, за низької кількості опадів спостерігається помітне зниження його врожайності. Температура повітря навколишнього середовища є одним із важливих факторів, які безпосередньо впливають на інтенсивність росту і розвиток соняшнику [24]. Аналіз урожайності насіння соняшнику в умовах Вінницької області показує, що вона коливається в широких межах за останні 25 років від 6,5 ц/га до 24 і вище ц/га. Поряд з цим необхідно зазначити, що тривають пошуки щодо підвищення урожайності соняшнику із застосуванням сучасних технологічних прийомів.

Найбільш поширеним напрямком підвищення врожайності та обсягів виробництва насіння соняшнику та іншої його продукції є вирощування нових високопродуктивних сортів і гібридів, яким характерна висока адаптаційна властивість, скоростиглість, стійкість до таких захворювань, як: борошниста роса, вовчок, фомопсис білої та сірої гнилей та інші хвороби. В останні роки в Україні велика увага приділяється впровадженню нових гібридів соняшнику вітчизняної та закордонної селекції, яким характерні

високі врожаї. В умовах польової сівозміни в Україні стрімко збільшуються площі посіву соняшнику та валове виробництво його продукції. Посівні площі під посів соняшнику в Україні у 2021 році склали 8,83 млн. га при середній врожайності 19,0 ц/га. Дана урожайність визначається зниженням атмосферних опадів та нерівномірністю їх випадіння протягом вегетативного періоду.

За останні роки переважно за розширення площ під посіви соняшнику валовий збір насіння цієї рослини підвищився у 3,6 рази при середній врожайності 20,7 ц/га. Однак, через несприятливі погодні умови у 2021 році врожайність знизилась до 18 ц/га [67]. За народногосподарським значенням як самої продукції, так і продуктів її переробки соняшник не поступається таким відомим культурам як ріпак, пшениця, кукурудза, соя. Удосконалена технологія вирощування соняшнику, постійно зростаючий попит на насіння, відходи, а також мед та квітковий пилок, високу економічну ефективність створюють високу перспективу для вирощування соняшнику. Практика показує, що через ряд факторів, особливо природно-кліматичних, у повному обсязі генетичний потенціал соняшнику не реалізовується – рівень реалізації генетичного потенціалу соняшнику складає 50-70% [142].

Основною продукцією, яку одержують від переробки насіння соняшнику є олія, яку використовують у харчовій промисловості. Харчова цінність її полягає в наявності в ній поліненасиченої жирної лінолевої кислоти, яка прискорює метаболізм ефірів холестерину в живих організмах. У соняшниковій олії міститься до 60% поліненасиченої лінолевої кислоти. Також у ній виявлені фосфатиди, стерини, вітаміни (А, D, Е, К). Олія, вироблена з насіння соняшнику, містить цілий ряд корисних сполук для харчування насичених речовин, зокрема поліненасичені жирні кислоти (омега-6 та омега-9), які захищають організм людини від атеросклерозу. Наявність у соняшниковій олії вітаміну F впливає на розчинення атеросклерозу. Соняшникова олія внаслідок наявності найцінніших компонентів, які входять до її складу, широко використовується для

харчування людини. На сьогодні біохімічний склад соняшникової олії достатньо вивчений. Доведено, що вона містить такі поліненасичені жирні кислоти, як омега-6 та омега-9. Ці компоненти мають потужну оздоровчу дію, захищають організм людини від атеросклерозу, покращують діяльність багатьох життєво важливих органів: печінки, нирок, жовчного міхура тощо. Входження до складу соняшникової олії вітаміну F характеризується антихолестериновим ефектом, сприяє розчиненню атеросклеротичних бляшок, покращує обмін речовин та прискорює метаболічні процеси [142]. Встановлено, що у 100 г соняшникової олії міститься 3870 кДж (929,1 ккал).

Споживання населенням соняшникової олії в Україні на одну людину складає 11 кг на рік за норми 13 кг. У найближчій перспективі передбачається споживання соняшникової олії довести до 22 кг на рік [123].

На світовому ринку експорту соняшникової олії спостерігається зростання більше ніж у 2,5 рази.

Побічні продукти переробки насіння соняшнику: макухи та шроту, кількість яких складає 35% від маси раціону, – є цінним високобілковим кормом для тварин, адже стандартна макуха містить 42% перетравного протеїну, 22% безазотистих екстрактивних речовин, до 7% жиру, 14% клітковини та до 6,8% золи.

В 1 кг макухи міститься 1,09 одиниць. До складу шроту входить 33-34% перетравного протеїну, 3% жиру. Лузгу, яку одержують унаслідок переробки насіння, вихід якої складає 16-22% від маси насіння, використовують для виробництва гексозного й пентозного цукру та біопалива. Із одержаного з лузги гаксозного цукру виробляють кормові дріжджі та етиловий спирт. Із пентозного цукру виробляють матеріал фурфурол, з якого виготовляють штучне волокно та іншу продукцію [123].

Сировина, вироблена завдяки посівам соняшнику, зокрема нектар і квітковий пилок, знайшли своє широке застосування для вироблення медоносною бджолою меду, квіткового пилку та перги, які є не тільки кормом для цих комах, а й високопоживними, з лікувальними властивостями

продуктами.

Неоціненну роль посіви соняшнику відіграють у збереженні медоносної бджоли та забезпечення населення високоякісним монофлорним медом.

У сучасних природно-кліматичних умовах Лісостепу Правобережного, якому характерні високі температури та нерівномірні, інколи вкрай низькі опади, призвели до зниження нектаропродуктивності рослин, особливо таких, як гречка ячна, акація біла та інші, які ще близько трьох десятиріч років займали головну роль у забезпеченні медоносної бджоли кормом та сировиною для виробництва продукції бджільництва. З розширенням площ польової сівозміни під посіви соняшнику ситуація в області бджільництва почала стрімко покращуватись. І зараз завдяки посівам соняшнику галузь бджільництва помітно покращилась, адже сьогодні Україна з успіхом експортує в Європу мед, вироблений з нектару соняшнику, і займає одне із перших місць з виробництва монофлорного меду, висока якість якого неодноразово була відзначена європейською спільнотою.

Сучасні гібриди соняшнику більш стійкі до несприятливих природно-кліматичних факторів ($t^{\circ}\text{C}$, опади) в умовах Лісостепу Правобережного: з 1 га суцільних посівів соняшнику виділяється до 120 кг нектару і квіткового пилку. На даний час в умовах Лісостепу Правобережного від однієї сім'ї одержують в середньому від 30 кг до 40 кг товарного соняшникового меду, що складає від валового його виробництва 75% - 80%. Мед, вироблений з нектару соняшнику, характеризується високими якостями. До його складу входять цукри, які легко засвоюються в організмі людини, зокрема глюкоза і фруктоза 75 - 80%, 0,4% білків, серед яких висока частка незамінних, 0,17% мінеральних речовин, представлених важливими для організму людини макро- і мікроелементами, вітамінами, особливо Е, К та групи В.

Мед, вироблений з нектару соняшнику, широко застосовується в харчуванні населення та народній медицині як з профілактичною, так і з лікувальною метою: його застосовують для підвищення стійкості організму

до несприятливих факторів, які викликають різноманітні захворювання.

Квітковий пилок соняшнику використовується бджолами як білковий корм. Бджоли збирають квітковий пилок соняшнику і у вигляді бджолиного обніжжя (грудочки склеєного виділення слинних залоз пильцевих зерен) та розміщують його у комірки стільника, де ущільнюють та консервують молочною кислотою, що перетворює пилок на пергу. У вигляді перги квітковий пилок зберігається, не втрачаючи свої якості протягом року.

Розширення посівів соняшнику дало можливість забезпечити бджолині сім'ї білковим кормом і в період нарощування їх сили в підготовці до зимового періоду. Широкого застосування квітковий пилок у вигляді бджолиного обніжжя та перги набув у харчуванні населення та медицині. Ці продукти бджільництва, вироблені з квіткового пилку, містять до 25% вуглеводів, які легко засвоюються в організмі, до 35% білку, до складу якого входять всі незамінні амінокислоти, мінеральні речовини, жир, вітаміни та інші біологічно-активні речовини. Високу ефективність використання квіткового пилку встановлено при підвищенні імунітету організму людини та цілої низки захворювань. Білок квіткового пилку, у тому числі й соняшнику, містить всі незамінні й замінні амінокислоти, цьому продукту немає альтернативи, тому його з успіхом використовують у медицині та харчуванні населення.

1.2. Еколого-морфологічні особливості соняшнику та технологія його вирощування

Соняшник (*Helianthus* L.) – однорічна рослина з родини айстрових (*Asteraceae*). Рід соняшнику *Helianthus* L. Має понад 50 видів. Згідно сучасної класифікації виділяють соняшник культурний (*H. cultus* Wenz) та дикорослий (*H. ruderalis* Wenz) [132]. Культурний соняшник згідно морфологічних та біологічних ознак поділяється на два підвиди: польовий (*ssp. sativus*) і декоративний (*ssp. ornamentalis*). Розрізняють 4 групи польового підвиду соняшника: північний, середній, південноросійський та вірменський.

За розмірами насіння та формою розрізняють три групи соняшнику: олійний, лузальний та межеумок [132].

Соняшник має стрижнево-розгалуджену кореневу систему з прониканням у ґрунт до трьох метрів. Однак, основна маса вологи та елементів живлення надходить у соняшник через бічні корені, які знаходяться на глибині до 30 см.

Коренева система соняшнику має перший та другий ярус відростків. Перший – проростає горизонтально на глибину до 10 см, потім заглиблюється та проростає паралельно з головним коренем, глибина його проникання досягає 70 см. Другий ярус кореневої системи є досить розгалудженим, відходить від стрижневого кореня на відстань до 50 см.

Поряд зі стрижневим коренем та його розгалудженнями коренева система соняшнику має також стеблові корінці [134].

Стебло соняшнику пряме, виповнене, вкрите жорсткими волосками. Висота рослин сягає 1,5 метра, а товщина нижчої частини стебла може коливатись у межах 2-4 см.

Соняшник має черешкові великі листки, розміщені почергово, кількість яких може коливатись від 20 до 36 штук на стеблі [134, 135].

Суцвіття соняшнику – багатоквітковий кошик, що містить язичкові та трубчасті квіти. Язичкові квіти призначені для приваблювання комах, вони безплідні, тоді як трубчасті квіти є плодоносними, вони займають основну частину квітколожа.

Особливістю будови квітки соняшника є наявність спеціальних органів - нектарників, які виділяють нектар. Діаметр кошика соняшника коливається від 10 до 25 см у гібридів і до 40 см – у сортів [134, 135].

Тривалість цвітіння до 10 діб. Запилення квітки відбувається на другий день її цвітіння.

Насінина (ядро) вкрита тонкою прозорою оболонкою, поверх якої розташована лузочка.

Соняшник – теплолюбива рослина. Насіння соняшнику починає

проростати при температурі 3-4°C, але сходи з'являються на 20-28 день. Оптимальна температура проростання складає 20°C, за якої сходи з'являються на 7-8 день.

Набубнявіле насіння в ґрунті задовільно переносить зниження температури до мінус 10°C. Молоді сходи рослин витримують весняні приморозки до 4-6°C. Це дає змогу сіяти соняшник рано навесні.

Вегетаційний період соняшнику триває 120-140 днів [112]. Температура навколишнього середовища, за якої спостерігається найкраща вегетація, складає 22°C у першій половині, 27°C у період цвітіння та 24°C у фазі достигання. Температура зовнішнього середовища за 30°C негативно впливає на ріст рослини [112].

Соняшник, завдяки добре розвинутій кореневій системі, використовує вологу з глибини до 3 м. Від початку розвитку до утворення кошиків соняшник використовує 20-25% від загальної потреби у воді.

Критичною фазою вологозабезпечення соняшнику є період утворення кошику та цвітіння, під час яких дана рослина використовує до 60% вологи від загальної потреби.

У період фази дозрівання сповільнюються біологічні процеси в насінні та настає період випаровування води рослиною.

В даний час за добу соняшник при високих температурах може витратити до 1,5% вологи [124].

За період від сівби до цвітіння кошиків посіви використовують відносно небагато вологи з ґрунту – в межах 70-85 мм. Від закінчення формування кошиків і до повної їх стиглості витрати води приблизно складають 200-250 мм [136].

У зв'язку з низьким рівнем зволоження ґрунтів у зоні Лісостепу Правобережного використовують агротехнічні заходи, до яких належать весняне закриття вологи шляхом боронування чи культивації, максимальне проекційне покриття поверхні поля рослинами та мульчування ґрунту.

Останнім часом на практиці активно використовується технологія

виросування соняшника, яка дає можливість зберегти вологу за рахунок спеціального посіву з міжряддям 15-45 см, замість 70 [25, 27].

Соняшник – є дуже вибагливим до інтенсивного сонячного освітлення. За недостатнього освітлення затримується ріст рослин та знижується врожайність. Тривалість вегетації соняшнику від періоду сівби до фази достигання насіння в Україні коливається від 80 до 130 днів. Найвища врожайність соняшнику спостерігається на чорноземах і каштанових ґрунтах з нейтральним або слаболужним рН середовищем.

У лісостеповій зоні найвища врожайність цієї культури спостерігається на сірих і темно-сірих ґрунтах. Найнижча врожайність спостерігається на піщаних та кислих ґрунтах [41].

Технологія вирощування соняшнику включає також головні операції: обробіток ґрунтів, сівбу соняшнику, удобрення ґрунтів, профілактику хвороб, захист від шкідників та боротьбу з бур'янами.

Обробіток ґрунтів під час вирощування соняшнику залежить певною мірою від його попередників. У випадку, якщо попередниками є зернові культури, проводять лущення стерні: одноразове або двохразове, залежно від потреби (перше – на глибину 6-8 см, друге – 8-12 см). Якщо попередником була кукурудза, проводять двохразове дискування та зяблеву оранку.

Глибина переорювання ґрунтів визначається їхнім станом: на легких ґрунтах оранка проводиться на глибину 20-22 сантиметри, на важких – 27-30 сантиметрів. У весняний період проводять закриття вологи боронуванням та культивацією, після чого – передпосівну культивацію на глибину загортання насіння. Глибина сівби насіння соняшнику визначається вмістом у ньому вологи. При достатньому вологозабезпеченні глибина посіву складає 4-5 сантиметрів, у випадку низької вологозабезпеченості насіння соняшнику висівають на глибину 6-10 сантиметрів.

Однак виявлено, що висів насіння соняшнику на глибину вищу, ніж 6 сантиметрів, призводить до зниження сходів, тому без потреби не бажано проводити загортання насіння на таку глибину.

Удобрення ґрунтів під час вирощування соняшнику залежить від особливостей сорту та гібриду, вологозабезпечення, родючості ґрунту та технологій вирощування соняшнику.

Потреба соняшнику у головних елементи живлення NPK протягом його вегетації нерівномірна. Виявлено помірне засвоювання N та K та інтенсивне P у період від появи сходів до фази бутонізації (формування кошика). Посилене засвоєння усіх трьох макроелементів NPK спостерігається від початку формування кошика до початку цвітіння.

Встановлено певний вплив кожного із макроелементів N, P та K на ріст та урожайність соняшнику. Зокрема, N посилює ріст рослин, P – ріст і розвиток кореневої системи та репродуктивних органів, K – підсилює фотосинтез та вуглеводний обмін.

Основне удобрення ґрунтів під час вирощування соняшнику включає внесення фосфорних і калійних добрив під основний обробіток ґрунту та азотних добрив під культивуацію. Основними видами мінеральних добрив, які знайшли своє широке застосування, є ідіамофоска ($N_{10}P_{26}K_{26}$), нітроамофоска ($N_{16}P_{16}K_{16}$), сульфоамофоска ($N_{20}P_{20}S_{16}$), аміачна селітра (NH_4NO_3), суперфосфат подвійний (P_{50}) та калій хлористий (K_{60}).

Норми внесення макродобрив NPK коливаються в межах від 50 до 100 кг/га в діючій речовині.

Вирощування соняшнику потребує захисту від різних захворювань, таких як: несправжня та справжня борошниста роса, сенторіозу, альтернаріозу, фоміозу, фомонсису, склеротиніозу, вертицельозу, ризонусу, іржі та різних видів гнилі, що потребує використання відповідних фунгіцидів.

Велику шкоду посівам соняшнику приносять шкідники, серед яких основними є багатоїдні совки, південний сірий довгоносик, підгризаючі совки, листогризучі совки, і це потребує застосування необхідних інсектицидів.

Захист посівів соняшнику від різноманітних бур'янів проводиться

шляхом використання гербіцидів.

З метою пришвидшення на 5-7 діб висихання насіння соняшнику до вмісту в ньому води від 7 до 10% проводять десикацію посівів соняшнику. Для десикації посівів соняшнику використовують препарати на основі діючої речовини Диквату диброміту та Гліфосату.

1.3. Наслідки техногенного навантаження інтенсивного землеробства на ґрунти польової сівозміни та вироблену продукцію

Інтенсивне культивування сільськогосподарських культур в сучасній сівозміні, якій характерна обмежена кількість культур та висока урожайність, призводить до активного винесення з ґрунту елементів живлення рослин та високої потреби їх повернення за рахунок мінеральних добрив. Поряд з цим сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур включають максимально високий рівень хімічних засобів боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами рослин.

Такі технології сприяють високій врожайності сільськогосподарських культур. Однак вони створюють зростаюче техногенне навантаження на ґрунти, а також впливають на якість та безпеку рослинної продукції, що негативно позначається на стані здоров'я населення. Адже відомо, що стан здоров'я населення тісно пов'язаний з безпекою продуктів харчування, що потребують постійного контролю за їх якістю та розробкою заходів щодо зниження надходження токсикантів у ґрунтове середовище [117].

Важкі метали серед токсикантів займають одне із провідних місць по надходженню їх в навколишнє середовище. Серед важких металів, кількість яких з роком в рік зростає у об'єктах навколишнього середовища, в тому числі і ґрунтах, необхідно виділити Pb, Cd, Zn, Cu та Hg. Високий рівень хімізації в рослинництві, відкритий видобуток корисних копалин, викиди підприємств промисловості, особливо хімічної, є основною проблемою забруднення ґрунтів [129].

Потрапляючи в ґрунти, частина важких металів переходить в

необмінну форму, створюючи певні проблеми мікробіоти ґрунту. Надходження важких металів у ґрунт, починаючи із другої половини минулого, ХХ століття, постійно зростає, перевищуючи природні можливості до самоочищення [121, 122].

Важкі метали, які перебувають в обмінній формі, включаються в трофічний ланцюг та накопичуються у продукції рослинництва інколи в десятки разів більше на одиницю біомаси за вміст їх у такій же масі ґрунту.

Важкі метали в ґрунті наявні у вигляді природних домішок, що підтверджено наявністю їх у ґрунті, який знаходився під льодовиками.

Однак певною небезпекою є те, що кількість їх за певних умов техногенного характеру стрімко зростає.

Важкі метали, які потрапили в ґрунт, перемішуються в ньому, переходячи в певні форми хімічних сполук. Накопичення в ґрунті важких металів понад норму є досить небезпечним: вони можуть випадати в осад, що знищує їх біологічну активність. Водночас виявлено, що високий рівень надходження важких металів до ґрунтів може знизити захисну систему ґрунту та токсичну дію на рослини [143].

Переміщення важких металів як у ґрунтовому середовищі, так і у рослинності залежить значною мірою від сорбційних властивостей ґрунтів. Сорбційні ж властивості ґрунтів залежать від мінерального його складу, вмісту в ньому гумусу та обмінних основ [144].

Поряд з цим помітний вплив на інтенсивність переміщення важких металів з ґрунту в рослинність має кислотність ґрунтів. На ґрунтах з високою кислотністю міграція важких металів з ґрунту в рослини через кореневу систему стрімко зростає [144]. Важкі метали, які надходять у ґрунт, з'єднуючись з органічними компонентами, знижують свою інтенсивність переміщення.

При цьому органічна речовина значно сповільнює переміщення важких металів у ґрунті порівняно з мінеральною. На інтенсивність переміщення в ґрунтовому середовищі мають вплив також і певні види металу. Так Pb і Cu

закріплюються у ґрунті міцніше порівняно з Cd. Також виявлено, що закріплення важких металів у ґрунті залежить від кількості окислів К і Р [147].

Серед важких металів найбільш небезпечними через інтенсивне надходження в ґрунти та продукцію рослинництва необхідно виділити Pb, Cd та Hg.

Pb є небезпечним токсичним елементом, який створює певні проблеми в безпечному виробництві продовольчої сировини. Допустимі рівні розчинних форм цього елементу в ґрунтах 6,0 мг/кг.

Не менш небезпечним елементом серед важких металів є Cd. Характерним для цього токсиканту є висока міграція в системі ґрунт → рослинницька продукція порівняно з Pb.

Допустимі рівні Cd у ґрунтах 0,7 мг/кг. Cd більш інтенсивно засвоюється рослинністю та накопичується у її продукції, з якої потрапляє в живі організми з їжею [31].

Поширеним елементом, який міститься у ґрунтах, є Cu. Високе накопичення в ґрунті Cu понад допустимі рівні, які складають для ґрунту 3,0 мг/кг, призводять до негативного впливу на ґрунтову мікрофлору та зниження врожайності сільськогосподарських культур. Ґрунти, яким характерний високий вміст Cu, важко піддаються нейтралізації щодо токсичності даного елементу. Через високий вміст у ґрунтах Cu спостерігається порушення росту рослин, які набувають жовтого забарвлення, та сповільнюється схожість насіння [31, 32].

Zn у ґрунтах спостерігається у порівнянні зі Pb, Cd та Cu у вищих концентраціях. Допустимі рівні по рухомих формах Zn у ґрунті складають 230 мг/кг. Zn, як і Cu, належить до мікроелементів, важливо необхідних для рослинності. Однак вміст їх у ґрунті понад допустимі рівні є небезпечним як для самого ґрунту, так і для рослинності. Зокрема відомі захворювання рослин, які проявляються унаслідок високих доз Zn, – пригнічення розвитку кореневої системи.

Потужними джерелами надходження важких металів до ґрунтів польової сівозміни є мінеральні добрива, пестициди, промислові викиди.

У мінеральних добривах, таких як: азотних, фосфорних та калійних – виявлено важкі метали, кількість яких залежить від джерела видобутку. Так, в азотних добривах вміст Pb коливається від 2 мг/кг до 2,7 мг/кг, Cd – від 0,05 до 8,5 мг/кг, Cu – від 1,0 до 15 мг/кг та Zn – від 1,0 мг/кг до 14 мг/кг.

У фосфорних добривах, зокрема суперфосфаті подвійному, міститься до 3,7 мг/кг Pb, 39 мг/кг Cd, 48 мг/кг Zn та 14 мг/кг Cu [6].

У калійних добривах, зокрема калії хлористому, в одному кілограмі міститься 14 мг Pb, 3,9 мг Cd, 11 мг Zn та 3,6 мг Cu [4].

Удобрення ґрунтів мінеральними добривами призводить також до підвищення рН ґрунтів. В умовах Лісостепу Правобережного на території Вінниччини виявлено велику кількість ґрунтів з високим рН середовищем. За таких умов спостерігається зниження урожайності та якості виробленої продукції. Високий рівень рН ґрунтів сприяє зниженню сорбційних їх властивостей, внаслідок чого важкі метали, які перебувають в обмінній формі, більш активно включаються в колообіг трофічним ланцюгом, що призводить до більш інтенсивного накопичення цих токсикантів у продукції рослинництва.

Негативним наслідком удобрення ґрунтів у технологічному відношенні є накопичення нітратів, що відбувається за рахунок використання азотних добрив.

Інтенсивність використання мінеральних добрив у рослинництві призводить до надмірного надходження в ґрунт нітратів, які завдають певного негативного впливу як на ґрунт, так і на безпеку рослинницької сировини [26].

Широкого застосування в інтенсивному землеробстві набуває використання пестицидів. Станом на 2019 рік пестицидне навантаження в діючій речовині складало 1,3 кг/га [86].

З літературного аналізу, найвищого розповсюдження в рослинництві

набувають гербіциди суцільної дії з діючою речовиною – гліфосат [98].

В останні десятиліття препарати з гліфосатом активно використовуються на посівах сояшнику для пришвидшення процесу обмолоту насіння за рахунок інтенсивного висихання вегетативної надземної маси.

Пестициди також створюють певний негативний вплив на ґрунти, збільшуючи в них кількість важких металів. З'ясовано, що за використання пестицидів в ґрунти надходить: Pb від 15 до 60 мг на кг сухого ґрунту, Zn – 1,3–25 мг/кг, Cu – 15–50 мг/кг та Hg – 0,8–42 мг/кг [136].

Техногенне навантаження інтенсивного землеробства призвело до накопичення різних токсикантів у продукції рослинництва [139].

Під час вирощування пшениці озимої в умовах Лісостепу Правобережного виявлено певне накопичення важких металів у зерні, вміст яких у даній продукції залежав від інтенсивності забруднення ґрунтів та попередників.

Виявлено і накопичення важких металів у зерні кукурудзи та пшениці, вміст яких залежав від технології первинної обробки та зберігання [148].

Окрім важких металів, у зерні сільськогосподарських культур виявлені і нітрати. Зокрема виявлено вміст нітратів у зерні кукурудзи та насінні сояшнику під час вирощування їх в умовах інтенсивного землеробства Лісостепу Правобережного[69].

На процес засвоєння рослиною нітратного азоту і накопичення його в продукції впливає перш за все кількість внесених у ґрунт азотних добрив, їх співвідношення до P і K, особливості ґрунту, технології вирощування, освітлення, температури повітря та інше. [69]

Запровадження інтенсивного використання пестицидів вплинуло на якість виробленої продукції рослинництва. Установлено, що вони можуть накопичуватися в урожаї сільськогосподарських культур, помітно підвищуючи їх небезпеку.

Виявлені важкі метали і в продуктах переробки квіткового пилку

бджолиного обніжжя, виробленого в умовах Лісостепу Правобережного.

Квітковий пилок сільськогосподарських культур також може накопичувати важкі метали, інколи понад допустимі рівні.

Виявлено, що вміст важких металів у квітковому пилку залежить від таких факторів, як: інтенсивність забруднення ґрунтів, їх кислотність, ботанічне походження. Вміст цих металів у квітковому пилку, бджолиному обніжжі може перевищувати допустимі рівні по Pb та Cd у кілька разів. Високим рівнем накопичення Pb та Cd характеризується бджолине обніжжя, вироблене з квіткового пилку соняшнику, порівняно нижчим – з гречки та озимого ріпаку. Концентрація Zn та Cu при цьому була нижча у квітковому пилку соняшнику порівняно з допустимим рівнем [67].

Накопичення у продовольчій рослинній сировині токсикантів, зокрема і важких металів, нітратів і пестицидів, призводить до надходження їх до організму людини. Накопичуючись у тканинах живих організмів у понад допустимих рівнях, токсиканти викликають цілий ряд порушень, що супроводжуються різноманітними захворюваннями. Важкі метали можуть накопичуватися в продуктах харчування в досить великих кількостях. Продукція рослинництва бере активну участь у надходженні важких металів харчовим ланцюгом в організм людини [45].

Результати обстеження стану здоров'я населення, яке проживає в умовах техногенного навантаження, у тому числі й інтенсивного землеробства, характеризується підвищеним рівнем захворювань та скорочення тривалості життя [125] за рахунок зниження імунітету. До основних хвороб, які виникають унаслідок дії техногенного забруднення навколишнього середовища важкими металами, є хвороби органів дихання, вроджені аномалії, новоутворення, психічні захворювання, безплідність жінок та інше [125].

Відомо, що особливо негативні явища впливу важких металів виявлено в організмі людини на ранніх стадіях її розвитку, у молодому віці, зокрема психологічні розлади, пухлини та смертність. Накопичення в тканинах

людини Pb призводить до зниження антиоксидантної активності, пригнічення внутрішньоклітинних ферментів, пошкодження ядра та ін. та порушення репродуктивної та нервової систем [78].

Надлишкове надходження Cd в організм людини знижує його імунізаційну ланку, негативно впливає на катаболізм колагену в кісткових тканинах [139], підвищує концентрацію Cu та Zn у нирках, знижує рівень заліза у печінці та крові [139].

Нітрати – це природний компонент ґрунту та рослин. Населення зазнавало постійного їхнього впливу. Однак, останніми роками у зв'язку із підвищенням рівня використання мінеральних добрив кількість нітратів у продуктах харчування різко збільшилась, що створило певну небезпеку. Нітрати характеризуються високим спектром токсичної дії. Потрапляючи в організм, вони перетворюються у нітрити, які є дуже шкідливими для людини. Нітрити понижують активність ферментів, які відповідають за окисно-відновлювальні реакції, що супроводжується гіпоксією, і як наслідок – зміна біотоків головного мозку, порушення діяльності ендокринних органів, серцево-судинної та нервової систем. Найбільш вразливим виявився організм, який знаходився в стадії інтенсивного поділу клітин, особливо в стадії плоду.

Пестициди є досить шкідливими та токсичними речовинами, накопичуючись в організмах, у які вони надходять як з атмосфери, так і з продуктами харчування рослинного та тваринного походження, викликають гострі отруєння, вроджені аномалії та смертність, особливо у молодому віці, а також депресію, розлад пам'яті та інші хвороби.

1.4. Наслідки техногенного навантаження на сільськогосподарські угіддя та заходи щодо підвищення якості виробленої продукції

Техногенне навантаження на сільськогосподарські угіддя є однією із проблем сучасного інтенсивного землеробства, якому характерний високий

рівень використання хімічних речовин, частина яких є небезпечна як для самих рослин, так і для населення, яке споживає дану продукцію. Серед цілої низки токсикантів найбільшу небезпеку представляють ті, які перебувають у розчиненій формі.

Усі рослини поглинають токсичні елементи як перкутальним шляхом (через поверхню стебла рослини), так і трофічним (через кореневу систему). Надходження токсикантів у рослини в надлишкових кількостях має негативний вплив як на саму рослину, так і на її продукцію. Зокрема встановлено негативний вплив надлишкових концентрацій важких металів на інтенсивність росту насіння зернових культур, а також токсичну дію важких металів.

Установлено, що рослини мають певний захист від інтенсивності надходження важких металів за рахунок зниження активності мікроорганізмів коріння тої чи іншої культури.

Накопичуючись у рослинах та в їх продукції, Pb перш за все пригнічує процес фотосинтезу, що негативно позначається на врожайності та якості виробленої продукції. Також сповільнюється розвиток рослин [9].

У рослинах надлишкова кількість Cd викликає порушення активності ферментів, що негативно відображається на транспірації та фіксації вуглекислого газу, спостерігається пригнічення фотосинтезу рослин. Загалом виявлено понад 50 зовнішніх ознак негативного впливу Cd на рослини як підземної, так і надземної вегетативної маси.

Наслідком понаднормового накопичення в тканинах рослин Cd є виникнення хлорозу молодих листків.

Накопичення рослинами Cu понад допустимі рівні супроводжується затримкою росту та їх розвитку. Спостерігається висихання надземної частини рослин, пошкодження їх кореневої маси. Виявлено також, що за надмірного накопичення Cu в рослинах помітне зниження макро- та мікроелементів.

Установлено також негативні наслідки використання забрудненої

продукції рослинництва, зокрема важкими металами, на організм людини. Інтенсивність наслідків отруєння організму людини токсикантами певною мірою залежить від особливостей обміну речовин. Потрапляючи в живі організми, важкі метали утворюють стійкі біотоксичні сполуки.

Інтенсифікація галузі рослинництва, яка характеризується високим винесенням з ґрунтів хімічних речовин з урожаєм та порушенням правил екологічної стабільності (повернення в ґрунти тих хімічних елементів, які були винесені з урожаєм) за останні 110 років, призвела до зниження вмісту різних мікроелементів до 60 разів. За таких умов виникає потреба у постійному поповненні цих речовин за рахунок мінеральних та органічних добрив, що призводить до підвищення небезпеки виробленої продукції.

Доведено, що близько 75% хвороб виникають унаслідок забруднення навколишнього середовища різними токсикантами.

Потрапляючи в організм людини через дихальні шляхи або з продуктами харчування, Pb накопичується в організмі людини переважно в кістковій тканині у високих кількостях. Даний елемент має період напіввиведення з живих організмів до 20 років [53]. Відомо низку негативних наслідків від накопичення в тканинах живих організмів Pb. Зокрема надлишкова кількість даного елемента викликає анемію, шлунково-кишкові та нервові розлади, негативні зміни в органах кровотворення, підвищення кількості випадків мертвонароджуваності та мутації, порушення функціонування внутрішніх органів, таких як: нирок, печінки, легень, органів серцево-судинної системи.

Cd має вищу інтенсивність переміщення з ґрунту в рослини та їх продукцію порівняно з Pb. Цей токсикант, потрапляючи в живі організми, накопичується в його тканинах, викликаючи низку порушень. Установлено, що Cd навіть у малих дозах може призвести до серйозних порушень імунної та нервової систем. Період біологічного розпаду Cd в тканинах може тривати до 30 років. Основним місцем метаболізму та накопичення кадмію є печінка, що може викликати некроз її тканин.

Окрім цього з'ясовано, що накопичення Cd понад допустимі норми викликає розлади функціонування підшлункової залози, знижує активність ферментів та інтенсивність обміну мікроелементів [7].

Zn є необхідним мікроелементом як для рослин, так і для організму людини, однак надходження та накопичення його понад норму викликає цілий ряд порушень. В організмі людини високий вміст Zn супроводжується порушенням функцій нирок, виникненням злоякісних пухлин та зміною складу крові [6].

Cu також є важливим мікроелементом, необхідним як для рослин, так і організму людини, однак у нормах, понад допустимі рівні, Cu є токсичний і для рослин, і для організму людини [8].

Споживання населенням продукції рослинництва, забрудненої Cu та накопиченням його в організмі людини понад допустимі рівні, призводить до підвищення випадків онкологічних захворювань органів дихання, порушення сну та депресій.

Переважає кількість токсикантів має тривалий період розпаду, особливо важкі метали, рівень зниження яких у ґрунті потребує спеціальних заходів та способів, що зводяться, як правило, до переведення цих токсикантів з обмінної форми в необмінну. У більшості випадків це вирішується за рахунок застосування сорбентів та зниження рН ґрунтового середовища. Серед сорбентів, які використовують у рослинництві з метою зниження переміщення в рослини важких металів, використовують цеоліти, саполіти та бентонітову глину.

Зниження рН ґрунтів вирішується за рахунок внесення кальцію у вигляді вапна чи дефекації. Відомі і методи очищення ґрунтів від важких металів, серед яких високоефективним є фітомередіація. Суть її полягає у видаленні токсикантів з ґрунту з вегетативною масою рослин та їх продукцією. До рослин, які активно накопичують важкі метали, необхідно віднести розторопшу, міскантус, мальву пенсільванську, сильфій пронизанолистий та інші культури [4].

Однак ці заходи не в змозі ефективно вирішити сучасну проблему забруднення ґрунтів токсикантами через високе техногенне навантаження та інтенсивне землеробство. Ґрунти втрачають спроможність до самоочищення.

Ураховуючи даний фактор, сучасне інтенсивне землеробство намагаються замінити органічним землеробством, яке характеризується високим рівнем екологізації. Суть органічного землеробства полягає у використанні технологій вирощування сільськогосподарських культур, у яких заборонено використання хімічних засобів боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами в рослин, а також стимуляцію росту та удобрення.

Основною метою органічного землеробства є зведення до мінімуму забруднення навколишнього середовища токсикантами та зниження шкідливого навантаження на людину, тобто зміна сучасного інтенсивного землеробства на стійкі екологічно безпечні технології.

Особливістю технологій органічного землеробства є заміна загальноприйнятих операцій вирощування сільськогосподарських культур на нові екологічні нетрадиційні способи.

Серед головних із таких способів є обробіток ґрунтів, їх удобрення, боротьба з хворобами, шкідниками й бур'янами та ін.

Технологія обробітку ґрунту передбачає мінімізацію його обробітку за рахунок заміни оранки на дискування.

Удобрення ґрунту включає використання нетоварної частини врожаю як джерела органічних добрив, використання сидератів та вирощування зернобобових культур.

Важливу роль в органічному землеробстві має сівозміна, головним завданням якої є збереження родючості ґрунтів, отримання високих врожаїв без застосування хімічних добрив та засобів захисту рослин.

За дотримання вимог сівозміни (включення якомога найбільше культур, повторне вирощування культур з дотриманням відповідного періоду, збагачення ґрунту поживними речовинами) спостерігається зниження рівня хвороб рослин, розповсюдження бур'янів та накопичення

поживних речовин у ґрунті за рахунок підземної вегетативної маси рослин (коріння) та азотофіксуючих бактерій.

Тривалий період між поверненням культури на одне і те ж поле призводить до переривання ланцюга живлення шкідників, витіснення певної категорії бур'янів та зниження розповсюдження хвороб. За таких умов знижується потреба у застосуванні заходів щодо усунення проблем, які виникають у процесі вирощування сільськогосподарських культур.

Список використаних джерел до розділу 1

1. Alonso M. L., Benedito J. L., Miranda M. Interactions between toxic and essential trace metals in cattle from a region with low levels of pollution. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2002. 42 (2). P. 165–172.
2. Ashita Sharma , Jatinder Kaur Katnoria , Avinash Kaur Nagpal Heavy metals in vegetables: screening health risks involved in cultivation along wastewater drain and irrigating with wastewater Published online 2016 Apr 19. DOI: 10.1186/s40064-016-2129-1
3. Breś W., Politycka B. Contamination of Soils and Substrates in Horticulture. *IntechOpen*. 2016. Chapter 2. P.23-41. URL: <http://dx.doi.org/10.5772/64567>. (дата звернення: 19.05.2023).
4. Breś W., Politycka B. Contamination of Soils and Substrates in Horticulture. *IntechOpen*. 2016. Chapter 2. P.23-41. URL: <http://dx.doi.org/10.5772/64567>. (дата звернення: 19.05.2023).
5. Chetty C.S., Rajanna B., Rajanna S. Mechanism of inhibition of rat brain adenosine triphosphatase by mercuric chloride. *Faseb. Jurnal.* 1989. №3. P. 2 DOI: 10.18524/2303–9914.2020.2(37).216565
6. Effects of cadmium retention on bone. Lui S.M.W., Krishnan S.S. Harisson I.E., Jervis R.E., Fornasler W/J. *Frase Elem exp. Med*, 1991.– P. 129–134. <https://card-file.ontu.edu.ua/handle/123456789/9861>
7. Hussain A., Riyas S. Isolation of heavy metal content in vegetables. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*. 2012. Vol.

11 (2). P. 128-135.

8. Hutsol H., Mazur O. Інтенсивність накопичення важких металів насінням та шротом соняшнику. *Вісник Львівського національного університету природокористування «Агрономія»*. 2023. № 27. С. 41-45
9. Kolisnyk O.M., Matiushev A.O. Influence of foliage feeding in productivity formation of sunflower hybrids. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 2 (33). С. 90-99
10. Kutishcheva N.N., Shuhurova N.A., Makliak K.M. Resistance of sunflower lines and hybrids to major pathogens in the Northern Steppe of Ukraine. *Селекція і насінництво*. 2021. Вип. 120. Р. 23-33
11. Lopez A. M., Prieto M. F., Miranda M., et all. Cadmium and lead accumulation in cattle in NW Spain *Vet. Hum. Toxicol.* 2003. 45 (3). P. 128–130.
12. Mazur O.V. Influence of fertilisation and desiccation of sunflower crops on the yield and quality of seeds and products of its processing in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe.
13. Ozmen O., Mor F. Acute lead intoxication in cattle housed in an old battery factory *Vet. Hum. Toxicol.* 2004. 46 (5). P. 255–256.
14. Pusik L.M. et al. Influence of weather conditions of the vegetation period, terms of planting and features of a grade on growth, development of plants of winter garlic. *Engineering of nature management*. 2020. Vol. 2 (16), P. 19-24.
15. The National Sunflower Association (NSA) (2019). World Supply & Disappearance. Retrieved from: <https://www.sunflowernsa.com/stats/world-supply> (Accessed 28 August 2024)
16. Tkachuk O., Gucol G., Mazur O., Verhelis V., Titarenko O. Ecological safety of sunflower seeds in the conditions of agricultural intensification. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27 (1). P. 71-79. (Scopus)
17. Адаменко Т. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам? К.: Німецько-Український агрополітичний діалог, 2019. 36 с.
18. Андрієнко А., Андрієнко О.. Соняшник: Україна і світ. *Агрономія*

сьогодні. *Соняшник*. 2020. (16). С. 7-13.

19. Аріон О.В., Купач Т.Г., Дем'яненко С.О. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства: Навчально-методичний посібник. Київ, 2017. 226 с.

20. Бараненко С., Біленко О. П. Допустимий поріг насичення польових сівозмін соняшником. *Наукові основи сучасних агротехнологій: матеріали VI наук.-практич. інтернет-конф. (25–26 квітня 2018 р.)*. Полтава. 2018. С. 7–8.

21. Баранник К.В., Волошин М.Д. Аналіз використання соняшникового лушпиння у якості палива. *Хімічні технології. Біотехнології*. 2017. № 3. С. 156 – 160.

22. Бахчиванжи Л.А., Дяченко Л.Е., Почколіна С.В Сучасний стан та перспективи виробництва соняшника в Україні. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2013. №4 (51). С. 9–14.

23. Бендерська, О. В. Нітрати і нітрити та їх вплив на формування якості рослинної сировини. *Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у ХХІ столітті : матеріали 82 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 13-14 квітня 2016 р. Київ : НУХТ*. 2016. Ч. 1. С. 261.

24. Бондарева О.Б., Коноваленко Л.І., Мілігула О.М. Міграція та накопичення свинцю і кадмію у ґрунті і рослинах під впливом добрив. *Агроекологічний журнал*. 2012. № 3. С. 20-23.

25. Бордюг Н., Алпатова О., Мельник-Шамрай В., Демчук Л., Курбет Т. Екологічна оцінка впливу складів мінеральних добрив на ґрунти сільськогосподарського призначення. *Věda a perspektivy*. 3 (34). С. 193-203. Режим доступу: URL: <http://perspectives.pp.ua/index.php/vp/article/view...> (дата звернення 16.05.2023)

26. Важкі метали в ґрунті. URL:<https://himanaliz.ua/uk/vazhki-metali-v-grunti/> (дата звернення 16.07.2023)

27. Васильєв В. П., Кавецький В. М., Бублик Л. І. Управління якістю зовнішнього середовища при використанні пестицидів. *Захист рослин*. 1993.

№. 40. С. 71– 74.

28. Васильєв В. П., Кавецький В. М., Бублик Л. І. Управління якістю зовнішнього середовища при використанні пестицидів. *Захист рослин*. 1993. №. 40. С. 71 – 74.

29. Величко В. А., Мартин А. Г., Новаковська І. О. Моніторинг ґрунтів України – проблеми землевпорядного, ґрунтознавчого та наукового забезпечення. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 7 (808). С. 5 – 16.

30. Вініченко С. А. Умови функціонування і розвитку підприємств на ринку продукції бджільництва. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2021. Т. 2. № 5. С. 95-102.

31. Вожегова Р.А., Малярчук В.М. Ефективність сучасних технологій вирощування соняшнику за різних умов зволоження та способів і глибини основного обробітку ґрунту на півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2012. Вип. 58. С. 40-41.

32. Гаврилюк М.М. Олійні культури в Україні: навчальний посібник. за ред. В.Н. Салатенко. 2-ге вид. перероб. і допов. Київ. Основа, 2008. 420 с

33. Голубничий М. Прополісний віск. *Український пасічник*. 2004. С. 29.

34. Господаренко Г.М. Практикум з агрохімії: Підручник. СІК ГРУП Україна. 2020. 148 с.

35. Грицик В., Канарський Ю., Бедрій Я. Екологія довкілля. *Охорона природи*. Київ. Кондор, 2018. 290 с

36. Гришко В.М., Сищиков Д.В., Піскова О.М. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека. Донецьк. Донбас. 2012. 302 с

37. Гуральчук Ж. З. Дослідження акумуляції важких металів рослинами з метою їх використання для фітореMediaції ґрунтів. Відновлення порушених природних екосистем: матер. IV Міжнар. наук. конф., м. Донецьк, 18–21 жовтня 2011 р. Донецьк, 2011. С. 116 –119.

38. Гуцол Г.В. Оцінка інтенсивності забруднення медоносних угідь

важкими металами. *International independent scientific journal*. 2020. № 15. Р. 5-11.

39. Гуцол Г.В. Агроекологічний стан ґрунтів НДГ «Агрономічне» ВНАУ. Всеукраїнська науково-практична конференція «Аграрна галузь України в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку». 24-25 травня 2023 року. м. Вінниця. 2023.

40. Гуцол Г.В. Небезпека накопичення важких металів у сільськогосподарських ґрунтах. Science, research, development: conference, 30.08.-31.08.2019. Berlin. 2019. 3 р.

41. Гуцол Г.В. Оцінка інтенсивності забруднення ґрунтів важкими металами та заходи щодо підвищення їх якості. Міжнарод. наук.-практ. конф. «Використання інноваційних технологій в агрономії», 3-4 черв. 2020 р. Вінниця. 2020. 6 с.

42. Гуцол Г.В. Оцінка якості перги в умовах забруднення медоносних угідь важкими металами. *Всеукр. наук.-практ. конф. "Економіка, бізнес та управління"*, 22-23 квіт. 2019 р. Вінниця : ВНАУ, 2019. 9 с.

43. Гуцол Г.В., Яремчук О.С., Вергеліс В.І., Шпаковська Г.І. Вплив техногенного навантаження на якість та безпечність продукції бджільництва. Вінниця : Видавництво «Друк» РВВ ВНАУ, 2023. 184 с.

44. Дегтярьова З. О. Вплив насичення сівозмін соняшником на окремі агрофізичні показники родючості ґрунту: матеріали Всеукраїнської науковопрактичної інтернет-конференції молодих учених та спеціалістів «Ґрунти України, їх стан та збалансоване використання». ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського». 27 травня 2020 р. Харків. 2020. С. 25.

45. Димитров С. Г. Формування продуктивності гібридів соняшнику залежно від елементів технології вирощування. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: зб. наук. Праць. 2015. Випуск 23. С. 19-24.

46. Домусчи С. В., Тригуб В. І. Ризик для здоров'я населення від забруднення ґрунтів важкими металами (на прикладі міста Одеси).

Горизонти ґрунтознавства: збірник матеріалів наукової конференції студентів і аспірантів (м. Львів, 17 травня 2022 року). Вип. 2. Львів, 2022. С. 5056

47. Дубініна А.А., Овчинніков І.Ф., Чернова Н.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.

48. Дудар Т. Г. Розвиток бджільництва в Україні; досягнуті успіхи, необхідність маркетингової кооперації в галузі, стратегія медового бізнесу. *Вісник Тернопільського національного економічного університету*. 2020. № 2. С. 36-49.

49. Дяченко О. В. Шляхи підвищення урожайності соняшнику в умовах сучасних інтеграційних процесів України [Електронний ресурс]. URL: www.nbuv.gov.ua.

50. Європейський Зелений Курс. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda>. (дата звернення: 23.04.2023).

51. Європейський Зелений Курс. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda>. (дата звернення: 23.09.2024).

52. Євстаф'єва В., Назаренко О. Проблеми розвитку бджільництва в Україні. Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства: матер. III Міжн. наук.-практ. конф. 24-25 березня 2016 р. Тернопіль: Крок. 2016. Ч. 2. С. 13–15

53. Ємченко Н. Нітрати і здоров'я. *Біохімія і хімія в школі*. № 2. 1997. С. 2-7

54. Жигайло О.Л., Євдокімова Ю. В. Оцінка впливу змін клімату на продуктивність соняшнику в Україні за сценарієм А2 / Матеріали І Всеукраїнської науково-практичної конференції, Полтава, 2017. С. 23-25

55. Жигайло О.Л., Євдокімова Ю.В. Дослідження динаміки

урожайності соняшника в Вінницькій області / Матеріали XLIV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії», Переяслав-Хмельницький, 2017. С. 18-20.

56. Жуковська, М.С., Артющенко, Л.М. Поняття про нітрати, дослідження їх вмісту в продуктах харчування. Хімія: наука і практика: збірник тез доповідей X відкритого студентського науково-практичного семінару, присвяченого 10-річчю створення кафедри, м. Шостка, 14 березня 2013 р. Суми: Сумський державний університет, 2013. - С. 33. <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/30342>

57. Закон України «Про охорону земель» від 19.06.2003 № 962IV зі змінами та доповненнями. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962>

58. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-XII зі змінами та доповненнями. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264>

59. Землеробство XXI століття – проблеми та шляхи вирішення За ред. чл.- кор. НААН, проф. В. Ф. Камінського. Київ. 2015. 272 с

60. Зінгаєва Н.Є. Сучасний стан та перспективи розвитку вітчизняного ринку соняшникової олії. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія «Міжнародні економічні відносини та світове господарство»*. 2015. № 4. С. 6-9.

61. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: підручник. Аграрна освіта. 2001. 591 с.

62. Зміна вмісту важких металів при досушці зерна кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 11. С. 152-161

63. Іванюк Г. С. Класифікація і діагностика ґрунтів. Львів: ЛНУ імені Івана Франка. 2017. 339 с

64. Ільчук М.М. Тенденції виробництва насіння соняшнику в Україні: проблеми та перспективи. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Економіка,*

аграрний менеджмент, бізнес». 2013. № 181(4). С. 187-193.

65. Каленська С. М., Горбатюк Е. М., Гарбар Л. А. Вплив регламентів сівби на продуктивність соняшнику. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Агрономія»*. 2017. Вип. 269. С. 23-30.

66. Калінін І.В. Вплив важких металів на активність ряду ферментів у тварин. Матеріали наук.-практ. конф. виклад. складу, наук. співробіт. та аспірантів. Київ. Вид. «Інтелект», 1999. С. 6.

67. Каплін О.О. Вплив попередників, способів обробітку ґрунту та мінеральних добрив на продуктивність скоростиглих гібридів соняшнику при зрошенні : дис. канд. с.-г. наук: 06.01.02 «Сільськогосподарські меліорації». Херсон, 2005. С. 13 с.

68. Каплін О.О. Вплив попередників, способів обробітку ґрунту та мінеральних добрив на продуктивність скоростиглих гібридів соняшнику при зрошенні: дис. канд. с.-г. наук: 06.01.02 *Сільськогосподарські меліорації*. Херсон, 2005. 13 с.

69. Китаєва А. П., Хамід К. О., Семенова З. Т. Лікувальні властивості меду різних регіонів України. *Вісник Аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв. МНАУ. 2016. Вип. 2 (89). С. 137-143.

70. Коваленко А. Оптимізація мінерального живлення соняшнику. *Пропозиція*. 2016. № 6. С. 62–64.

71. Коковіхін С.В. Продуктивність та якість насіння гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин та удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип. 94. С. 37-42.

72. Колісник О.М. Формування продуктивності соняшнику залежно від елементів технології вирощування в умовах правобережного Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 3 (34). С. 35-43

73. Косенко Р.О. Соняшник. Історія виникнення та введення в культуру. *Історія науки і біографістика*. 2015. № 4. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/INB_Title_2015_4_11

74. Кохан А. В. Водоспоживання соняшнику залежно від елементів

технології. *Вісник ХНАУ Серія «Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво і зберігання»*. ХНАУ. 2016. Вип. 2. С. 85-93.

75. Кохан А.В. Біодобрива в технології вирощування соняшнику. *Збірник Інституту зернового господарства НААН України*. 2020. № 6. С. 26-34

76. Кохан А.В., Самойленко О. А., Глущенко Л. Д. Наслідки інтенсифікації соняшнику. *Аграрний тиждень*. 2016. № 4 (307). С. 42-43.

77. Кохан А.В., Фролов С.О., Швартау В. В. та інші. Агрономічні аспекти екологічно безпечного землеробства. Монографія / за ред. А. В. Кохана. Полтава: Дивосвіт. 2016. 123 с.

78. Кохан А.В., Фролов С.О., Швартау В. В., Глущенко Л. Д., Гангур В.В., Самойленко О.А., Лень О.І., Олєпир Р.В. Агрономічні аспекти екологічно безпечного землеробства: монографія. Полтава: Дивосвіт, 2016. 120 с.

79. Кравченко М.В. Методологічні основи стійкого розвитку підприємств бджільництва. *Економіка. Управління. Інновації*. 2014. № 1. С. 57– 58.

80. Кулик М.І., Лісняк А.А., Торма С. Забруднення ґрунтового покриву важкими металами, привнесених відпрацьованими моторними мастилами. *Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. Серія «Екологія»*. 2016. Вип. 15. С. 122–127.

81. Кулинич І.М., Соловійова Т.М. Вплив бджолозапилення на насіннєву продуктивність соняшнику. *Бджільництво України*. 2021. Т.1. Вип. 6. С. 44–47.

82. Кулько Л. О. Важкі метали та їх вплив на рослини. XV Менделєєвські читання: Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції, (Полтава, 2 березня 2022 р.). М-во освіти і науки України, Полтав. нац. пед. ун-т ім. В. Г. Короленка. Полтава: Редакційно-видавничий відділ ПНПУ імені В. Г. Короленка. 2022. С. 40–42.

83. Куць Т. В. Особливості формування цін на ринку олійних

культур. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2011. Вип. 168, Ч. 2. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: www.nbu.gov.ua/portal/soc_gum/.2/zmist.html

84. Лозовський О.М. Основні тенденції формування експортного потенціалу олійно-жирової галузі України в умовах фінансової нестабільності. *Економічний форум*. 2015. № 2. С. 95–102.

85. Лозовський О.М. Проблеми розвитку сучасної олійно-жирової галузі в Україні. *Економічний форум*. 2014. №1. С.38–43.

86. Мазур В.А., Колісник О.М. Вплив технологічних прийомів вирощування на насіннєву продуктивність соняшнику. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 4 (23). С. 5-15.

87. Мазур В.А., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Підручник. Вінниця: ФОП Рогальська І.О. 2017. 588 с.

88. Мазур О.В. Інтенсивність накопичення важких металів вегетативною масою соняшнику на сірих лісових ґрунтах в умовах лісостепу правобережного. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. Вип. 136. С. 294 – 299.

89. Мельник В. О. Якісні показники ґрунту яблуневого саду. Стратегічні напрямки розвитку науки: фактори впливу та взаємодії: матеріали міжнародної наукової конференції, 22 травня 2020 р. Суми, 2020. Т.1. С. 87 - 89.

90. Мельник В.О. Агроекологічний склад ґрунту за різного сільськогосподарського використання. *Актуальні проблеми науки, освіти та технологій в умовах сучасних викликів: збірник тез доповідей міжнародної науковопрактичної конференції, 21 березня 2023. р. Ч.2. Умань. 2023. С. 18 – 19.*

91. Мельник В.О. Вміст важких металів у сірому лісовому ґрунті за різного сільськогосподарського використання. *Молоді вчені 2023 – від теорії до практики: матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції*

здобувачів вищої освіти і молодих учених, 23 березня 2023 р. Дніпро. 2023. С. 212–215.

92. Мельник В.О. Якісні показники ґрунту яблуневого саду. Стратегічні напрямки розвитку науки: фактори впливу та взаємодії: матеріали міжнародної наукової конференції, 22 травня 2020 р. Суми, 2020. Т.1. С. 8789.

93. Мельник В.О., Миронова Г.В. Вплив на екологічний стан ґрунтів інтенсивного землеробства та садівництва. *The scientific heritage*. 2020. № 48. Ч. 3. С. 8 – 13.

94. Методичні вказівки з атомно-абсорбційних методів визначення токсичних елементів у харчових продуктах та харчовій сировині. № 01. 19/47 від 25.12. 1992р.

95. Мірошніченко М.М., Гладкіх Є.Ю., Ревтьє-Уварова А.В., Панасенко Є.В., Звонар А.М., Сорокотяга Г.В., Коваленко С.С., Смиченко В.М. Оптимізація живлення сільськогосподарських культур (optimization of agricultural crops nutrition). *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. № 87. С. 82–91.

96. Мішенін Є.В., Ярова І.Є., Дутченко О.М. Еколого-економічна безпека аграрного землеробства: концептуальні орієнтири та організаційні механізми. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 2. С. 145–151.

97. Некос А. Н., Солдатенко А. А. Особливості екологічної безпеки при вживанні продуктів бджільництва. *Охорона довкілля: зб. наук. статей ХХ Всеукраїнських наукових Таліївських читань*. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2024. 238 с.

98. Онищенко О. В. Проблемні аспекти розвитку підприємств олійно- жирової галузі в Україні [Електронний ресурс]. *Інфраструктура ринку*. 2017. № 14. Режим доступу: <http://www.market-infr.od.ua/uk/14-2017>.

99. Орлов А.А. Соняшник. Біологія, культивування, хвороби і шкідники: навчальний посібник. Київ, 2013. 624 с.

100. Орлов О. Топ чинників, які лімітують врожайність соняшнику.

Агроном. 2020. №2 (68). С. 112–116.

101. Паламарчук В.Д. Роль регуляторів росту рослин у формуванні продуктивності гібридів соняшнику. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 4 (31). С. 16–29.

102. Паламарчук В.Д., Підлубний В.Ф. Вплив системи основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів соняшнику. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 4 (23). С. 25-35.

103. Паламарчук В.Д., Підлубний В.Ф. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від елементів технології вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 3 (22). С. 29-44.

104. Петриченко В.Ф., Балюк С.А., Носко Б.С. Підвищення стійкості землеробства в умовах глобального потепління. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 9. С. 5–12.

105. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-те вид. Львів:НВФ «Українські технології». 2020. 806 с.

106. Польовий А.М., Гуцал А.І., Дронова О.О. Ґрунтознавство: підручник. Одеса: Екологія, 2013. 668 с.

107. Польовий В.М., Лукашук Л.Я., Лук'яник М.М. Вплив змін клімату на розвиток рослинництва в умовах західного регіону. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 9 (798). С. 29–34.

108. Разанов С., Ткачук О. Інтенсивна хімізація землеробства – як продукт забруднення зернової продукції важкими металами. *Технологія виробництва продукції тваринництва*. 2017. №1-2 (134). С. 66–71.

109. Разанов С.Ф., Мельник В.О., Назарук Б.В., Куценко М.І. Оцінка агроекологічного складу сірих лісових ґрунтів за різного сільськогосподарського використання. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 1. С. 146–153. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2021.231901.

110. Разанов С.Ф., Ткачук О.П. Динаміка зміни концентрації важких металів у ґрунті при вирощуванні бобових багаторічних трав. *Збалансоване*

природокористування. Київ, 2017. № 4. С. 140 – 143.

111. Разанов С.Ф., Швець В.В. Вплив вапнування ґрунтів на концентрацію Zn та Cu у бджолиному обніжжі і перзі. Київ. *Агроекологічний журнал*. 2012. № 4. С. 13–19.

112. Разанов С.Ф., Швець В.В. Вплив органічних і мінеральних добрив та рівне зволоження ґрунтів на концентрацію свинцю у квітковому пилку. Київ. *Агроекологічний журнал*. 2012. № 3. С. 38–41.

113. Разанов, Ткачук, Овчарук В. Інтенсивність накопичення важких металів зерном пшениці озимої залежно від попередників. *Збалансоване природокористування*. 2018. №1 С. 165–169.

114. Рибалова О. В., Бригада О. В., Макаров Є. О., Бондаренко О. О. Новий метод оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами. *Міжнародна науково–практична конференція «Problems of Emergency Situations»*, 2019. С. 79–99.

115. Романенко В.С. Азотвміщуючі шкідливі речовини в харчових продуктах. *Проблеми формування здорового способу життя у молоді: зб. матеріалів IX Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учен. та студ. з міжнар. участю*, Одеса, 30 верес.-2 жовт. 2016 р. С. 187.

116. Рослинництво України: статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2018. 180 с.

117. Сайко В.Ф. Землеробство в контексті змін клімату. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН» [спецвипуск]*. Київ: ВД «ЕКМО», 2008. С. 3–14

118. Сакун М. М. Нітрати та їх шкідливий вплив на людину. *«Перспективні технології для забезпечення безпеки життєдіяльності та довголіття людини»*: тези доповіді на 2 Міжнар. наук.-техн. конф. (15-16 травня 2019 р.). Одеський національний морський університет. Одеса. 2019. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui/handle/123456789/2442>

119. Статистика погоди. Кліматичні дані за роками та місяцями. Метеопост: веб-сайт. URL: <https://meteopost.com/weather/climate/> (дата

звернення: 25.02.2024).

120. Степаненко С.М., Польовий А.М. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: монографія. Одеса: Екологія. 2011. 696 с
121. Талавири М. П., Шарковська С. Ю. Формування та функціонування ринку соняшнику в Україні. *Економіка АПК*. 2018. № 8 С. 76
122. Тітаренко О.М. Інтенсивність накопичення важких металів у біорізноманітті природних кормових угідь. *Тваринництво України*. № 2. 2020. 9 – 10. 2019. С. 34–36.
123. Ткачук В.І. Тенденції розвитку ринку олійних культур в Україні. *Вісник ЖНАЕУ. Продуктивність агропромислового виробництва. Економічні науки*. 2014. № 1–2 (43). Т. 2. С. 87–93.
124. Тоцький В. М., Гангур В. В., Оніпко В. В., Міщенко О. В., Космінський О. О., Поляков І. А., Мотрич Р. Ю. Вплив системи удобрення на біометричні, продуктивні та якісні показники гібридів соняшнику в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progres and Innovations*. 2023. № 26 (3). С. 52–57.
125. Тоцький В.М., Гангур В.В., Поляков І.А. Урожайність та якість насіння гібридів соняшнику (*Helianthus annuus* L.) залежно від системи удобрення. *Scientific Progres and Innovations*. 2024. № 27 (3). С. 5–11.
126. Тригуб В. І., Домусчи С. В. Біотестування як метод дослідження токсичності ґрунтів. *Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки*. 2020. Т. 25. Вип. 2 (37). С. 112–127.
127. Троценко В.І. Соняшник, селекція, насінництво, технологія вирощування: монографія. Суми: 2011. 579 с.
128. Троценко В.І. Соняшник. Селекція, насінництво та технологія вирощування: монографія. Суми: Університетська книга, 2001. 184с.
129. Тулуш Л.Д., Грищенко Д.Ю. Фіскальне регулювання розвитку ринку олійних культур України. *Економіка АПК*. 2018. № 5. С. 63.
130. Ульянченко О. В. Ефективність використання ресурсного потенціалу садівництва та перспективи розвитку галузі. *Вісник Харківського*

національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Економічні науки», 2015. № 4. С. 12-20. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/6436/1/Ulyanchenko.pdf>. (дата звернення: 19.05.2024).

131. Ульянченко О. В. Ефективність використання ресурсного потенціалу садівництва та перспективи розвитку галузі. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Серія «Економічні науки»*, 2015. №4. С. 12–20.

132. Фатєєв А. І., Мартиненко В. М., Собко М. Г. Продуктивність культур сівозміни і винос елементів живлення за різних систем удобрення та обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки*. № 3. 2016. С. 11–14.

133. Циганенко О.І. Нітрати в харчових продуктах. Київ. Здоров'я. 1990. С. 146.

134. Чаплоуцький А. М. Продуктивність яблуні залежно від способу і строку обрізування крони в умовах правобережного Лісостепу України. Дис. канд. с.-г. н. 06.01.07. Умань 2017. 189 с.

135. Чехова І.В., Чехов С.А. Основні тенденції розвитку ринку олійних культур в Україні. Продуктивність агропромислового виробництва. *Економічні науки*. 2014. № 25. С. 71–78.

136. Шевчук В. Д., Мудрак Г. В., Франчук М. О. Екологічна оцінка інтенсивності забруднення ґрунтів важкими металами. *Agricultural sciences. «Colloquium-journal»*. № 10 (97), 2021. С. 40–46.

137. Юаньчжі Фу, Троценко В. І. Накопичення важких металів у сходах соняшнику під впливом кадмієвого стресу. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія та біологія*. 2022. 45 (3), 64–70.

138. Юаньчжі Фу, Троценко В. І. Шляхи моніторингу накопичення кадмію в соняшнику та інших культурах: огляд. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія та біологія*. 2022. 46 (4). С. 89–96.

139. Як зменшити вплив нітратів на організм людини: поради черкаського експерта. URL: <https://suspilne.media/253865-ak-zmensiti-vpliv-nitrativ-na-organizm-ludini-poradi-cerkaskogo-eksperta> (дата звернення: 01.05.2023).

140. Яковець Л.А., Ватаманюк О.В. Зміна вмісту важких металів у зерні пшениці озимої та борошні в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 13. С. 36–44.

141. Яценко О. М. Отримання конкурентної переваги за рахунок створення глобальних продуктів (на прикладі меду натурального). *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2017. Вип. 15. Ч. 2. С. 170–180.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИКА ТА ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Умови проведення досліджень

Дослідження по темі дисертаційної роботи проводили в умовах Лісостепу Правобережного на території Вінниччини у фермерському господарстві «Зоря Василівки» Тиврівського району Вінницької області. ФГ «Зоря Василівки» спеціалізується переважно на вирощуванні пшениці озимої, соняшнику, ріпаку озимого, сої та кукурудзи. У структурі землекористування ФГ «Зоря Василівки» переважають орні землі. Ґрунти у ФГ «Зоря Василівки» переважно сірі лісові, однак трапляються і темно- та світло-лісові. Через зниження фізико-хімічних властивостей сірих лісових ґрунтів, порівняно з чорноземом опідзоленим, їх родючість значно нижча. Вміст гумусу у сірих лісових ґрунтах ФГ «Зоря Василівки» коливається в межах 1,8% до 2,2% (Додаток Б, В). Для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, зокрема пшениці озимої, соняшнику та кукурудзи, виникає потреба в підвищених дозах внесення мінеральних добрив, особливо азотних і калійних. рН ґрунтового середовища ґрунтів ФГ «Зоря Василівки» коливається в межах 5,0-5,5, тобто частина ґрунтів потребує вапнування, що характерне значній території Вінниччини. Даній місцевості притаманні періодичні посухи із нерівномірно низьким рівнем зволоження. Ґрунтові води залягають на досить великій глибині, інколи до 22 м.

Урожайність соняшнику визначали шляхом зважування насіння після обмолоту кожної ділянки окремого варіанту. Забруднення важкими металами сірого лісового ґрунту після його мінерального удобрення при вирощуванні соняшнику визначали шляхом умовного надходження Pb, Cd, Zn, та Cu з азотними, фосфорними та калійними добривами, використовуючи вміст цих речовин у мінеральних добривах описаним [12]. Суть якого полягала у перерахунку діючої речовини у фізичну масу, яку перемножували на вміст Pb, Cd, Zn, та Cu у 1 кг. Добрива у кожному варіанті досліджень згідно

співвідношення НРК.

Програма досліджень

Урожайність соняшнику та якість виробленої продукції унаслідок мінерального удобрення сірого лісового ґрунту і десикації посівів соняшнику в умовах Лісостепу Правобережного

Урожайність соняшнику та надходження важких металів у сірий лісовий ґрунт за умов його комплексного мінерального

Накопичення важких металів у продукції соняшнику

Вплив різного виду мінеральних добрив та десикації посівів соняшнику на якість виробленої продукції

Вплив різного мінерального удобрення ґрунтів під час вирощування соняшнику:

- Фази росту і розвитку;
- Динаміку росту;
- Густоту рослинності;
- Урожайність.

Інтенсивність накопичення важких металів у вегетативній масі соняшнику

Урожайність соняшнику

Інтенсивність накопичення важких металів у насінні та соняшниковому шроті

Інтенсивність накопичення важких металів в насінні:

- вміст в насінні;
- коефіцієнт накопичення;
- коефіцієнт небезпеки.

Урожайність насіння соняшнику за умов різного мінерального удобрення ґрунтів

Інтенсивність накопичення важких металів у продуктах переробки нектару і квіткового пилку соняшнику

Накопичення нітратів у продукції

Вміст важких металів у фізичній масі мінеральних добрив

Надходження важких металів до ґрунту у результаті різного мінерального удобрення під час вирощування соняшнику

Винесення важких металів з сірого лісового ґрунту з продукцією соняшнику

Накопичення гліфосату у продукції

Еколого-економічна ефективність вирощування соняшнику

Агротехніка вирощування соняшнику

Соняшник належить до культур, які сильно виснажують ґрунт, використовуючи для свого росту і розвитку значну кількість поживних речовин і вологи з ґрунту, збіднюючи і висушуючи його для наступних культур у сівозміні. Це обмежує вирощування культури у сівозміні. На попереднє місце у сівозміні соняшник повертають не частіше, ніж через 7 років.

Вимогливість соняшнику до поживних речовин, вологи у ґрунті та потреб в очищенні ділянки від бур'янів ставить певні вимоги культури до попередника. У нашому досліді попередником соняшнику була пшениця озима, під час збирання якої соломі подрібнювали і розсівали по полю.

Найкраще соняшник росте на ґрунтах з реакцією ґрунтового розчину рН 6,0-7,0. Вапнування ґрунту було одним із варіантів наших дослідів. У якості вапнякового матеріалу використовували дефекат з нормою внесення 4,5 т/га на перерахунок СаО. Внесення вапнякового матеріалу проводили перед оранкою ґрунту агрегатом МТЗ-82.1 + РНД-1000.

Мінеральне удобрення соняшнику передбачало внесення мінерального азоту, фосфору та калію відповідно до варіантів удобрення. У якості азотних мінеральних добрив використовували аміачну селітру з вмістом мінерального азоту 34,5%. Усю заплановану норму мінерального азоту вносили навесні під час передпосівної культивування ґрунту розкидним способом. Фосфорні і калійні мінеральні добрива вносили відповідно до варіантів удобрення розкидним способом перед оранкою ґрунту восени. Застосовували суперфосфат подвійний з вмістом фосфору P_2O_5 – 50% та калій хлористий з вмістом калію K_2O – 60%. Усі добрива вносили агрегатом МТЗ-82.1 + РНД-1000.

Головним завданням обробки ґрунту під соняшник є нагромадження достатньої кількості води в кореневмісному шарі, мобілізація поживних речовин, активізація біологічних процесів ґрунту, знищення бур'янів.

Після збирання попередника – пшениці озимої – провели одноразове

лущення стерні на глибину 6-8 см дисковою бороною АГД-2,4 в агрегаті з трактором МТЗ-82.1. Оранку провели у середині вересня на глибину 25-27 см агрегатом МТЗ-82.1 + ПЛН-3-35.

Весняний обробіток ґрунту передбачав боронування (закриття вологи) при фізичній стиглості ґрунту, яке проводили трактором МТЗ-82.1 із зчіпкою С-11У з боронами БЗТС-1,0. Передпосівну культивуацію провели в день сівби соняшнику на глибину загортання насіння – 5 см та з мінімальним розривом до часу висіву. Використовували трактор МТЗ-82.1 та культиватор КПС-4.

Сівбу соняшнику проводили залежно від років досліджень та температури прогрівання ґрунту 10-12°C на глибині загортання насіння у календарні строки 10-15 квітня. При сівбі важливо дотримуватись рівномірності загортання насіння на потрібну глибину, однакової відстані одне від одного, що дозволяє одержати дружні, вирівняні сходи і одночасний розвиток рослин впродовж вегетації.

Швидкість руху сівалки під час сівби не перевищувала 5 км/год. Глибина сівби становила 5 см. Норма висіву соняшнику склала 60 000 насінин/га, що становило 3,5 кг/га. Сівбу проводили широкорядним способом з шириною міжрядь 70 см трактором МТЗ-82.1 та сівалкою СПМ-6. Після сівби соняшнику провели коткування посіву котком ККШ-6 в агрегаті з трактором МТЗ-82.1.

Для сівби використовували гібрид соняшнику MAS 82.A. Ранній гібрид соняшнику з дуже високими показниками олійності насіння. Має високі результати врожайності в своїй групі стиглості. Характеризується раннім цвітінням. Прекрасно адаптується до різних ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Добре переносить коливання температур. Має добре заповнений насінням кошик. Толерантний до поширених хвороб соняшнику. Рекомендований для вирощування у Лісостеповій зоні.

Група стиглості – ранньостиглий. Тип гібрида – лінолевий. Вегетаційний період – 90-95 днів. Потенціал врожайності – 50 ц/га. Висота рослин – середня. Форма кошика – опукла. Вміст олії – 54%. Маса 1000

зерен – 48-52 г.

Стійкість до посухи – 9 балів. Стійкість до вилягання – 9 балів. Стійкість до вовчка – 5 рас (А-Е). Стійкість до несправжньої борошнистої роси – RM9. Стійкість до фомопсису – 7 балів. Стійкість до гнилей кошика, стебла – 9 балів. Рекомендована густота перед збором урожаю 55-60 тис. рослин/га. Оригінатор – MAS Seeds. Рік реєстрації – 2014.

Після появи сходів соняшнику провели дворазовий міжрядний обробіток посівів: перший – у фазу 2-х справжніх листків соняшнику, другий – у фазу 8-ми листків агрегатом МТЗ-82.1 + КРН-5,6.

Важливим фактором обмеження урожайності соняшнику є бур'яни. Вони створюють конкуренцію щодо світла, поживних елементів та вологи. При цьому соняшник – світлолюбна культура, що належить до рослин короткого дня. Для цієї культури характерний тривалий гербокритичний період (до 50 діб) – аж до фази зірочки, коли культура закриває поверхню ґрунту.

Крім міжрядного обробітку посівів соняшнику, для контролю бур'янів провели внесення гербіциду «Експрес 75». Діюча речовина – трибенурон-метил. Препаративна форма – водні гранули. Концентрація діючої речовини – 750 г/кг. Заявник – FMC. Норма внесення гербіциду – 40 г/га із додаванням поверхнево-активної речовини «Тренд 90» у кількості 200-300 мл/га. Гербіцид вносили у фазу 6 листків соняшнику з нормою витрати робочої рідини 250 л/га трактором МТЗ-82.1 з оприскувачем РЛМ-400/12. Хімічного захисту посівів соняшнику від хвороб і шкідників не проводили через їх незначне поширення.

Основним критерієм початку збирання соняшнику є вологість насіння, яка залежить від фази дозрівання і погодних умов. Визначається зрілість соняшнику за кольором кошика. Розрізняють 3 ступені зрілості: жовта: листя і зворотна сторона кошика мають лимонно-жовтий колір, кошик має вологість в межах 85-88%, вологість насіння – 30-40%; бура: кошик має темно-бурий колір, вологість кошика становить 39,5-50%, насіння – 10-12%;

повна: всихання рослини, вологість кошика – 19-20%, насіння – 7-10%.

Оптимальними строками збирання врожаю можна вважати той час, коли 20-25% всього посіву має жовте і жовто-буре забарвлення, а інші рослини сухі і бурого кольору. На цьому етапі ступінь вологості насіння знижується до 11-13%, кошиків – до 69-75%, стебел – до 60-70%.

З метою швидшого (на 5-7 діб) досягання насіння та якісного збирання врожаю ми застосовували десикацію відповідно до схеми досліджень, вивчали ефективність та екологічну безпечність трьох різновидів десикантів на основі гліфосату: ізопропіламінну сіль, калійну сіль та амонійну сіль.

Ізопропіламінна сіль гліфосату $C_3H_8NO_5P$ – хімічний клас фосфорорганічних сполук. Препарати на основі ізопропіламінної солі гліфосату належать до 3 класу небезпеки для людини і 3 класу небезпеки для бджіл.

Калієва сіль гліфосату кислоти [N-(фосфометил)-гліцин] – препарат на основі гліфосату (калійна сіль) – належать до 2 і 3 класів небезпеки для людини і 3 класу небезпеки для бджіл.

Гліфосат – хімічна сполука з групи фосфонатів. Фосфометиламіно-оцтова кислота, амонійна або ж калійна сіль якої становлять основний компонент найпоширеніших системних гербіцидів широкого спектру дії, що застосовують в усьому світі для боротьби з бур'янами та десикації сільськогосподарських культур. У порівнянні з іншими гербіцидами гліфосат вважають малотоксичним для тварин і людини. Різні продукти-гербіциди відрізняються концентрацією гліфосату, композицією самої солі та препаративною формою.

Норма внесення препаратів для десикації становила 1,5 л/га з витратою робочого розчину 250 л/га. Обприскування проводили дроном. Обробіток проводили у фазі лимонно-жовтої стиглості соняшнику.

Обмолот соняшнику проводили комбайном «Джон Дір» з частотою обертання барабана 280-300 об/хв у фазі повної стиглості.

Клімат в умовах території досліджень ФГ «Зоря Василівки» помірно-континентальний із теплим літом та м'яким зимовим періодом з періодичними відлигами.

Тобто за агрокліматичними умовами територія розташування ФГ «Зоря Василівки» не в повному обсязі відповідає сприятливим вимогам щодо вирощування сільськогосподарських культур з максимальним використанням їх генетичного потенціалу.

Погодні умови на території проведення досліджень 2022-2024 рр. в період вегетації соняшнику відображені на рис. 2.1

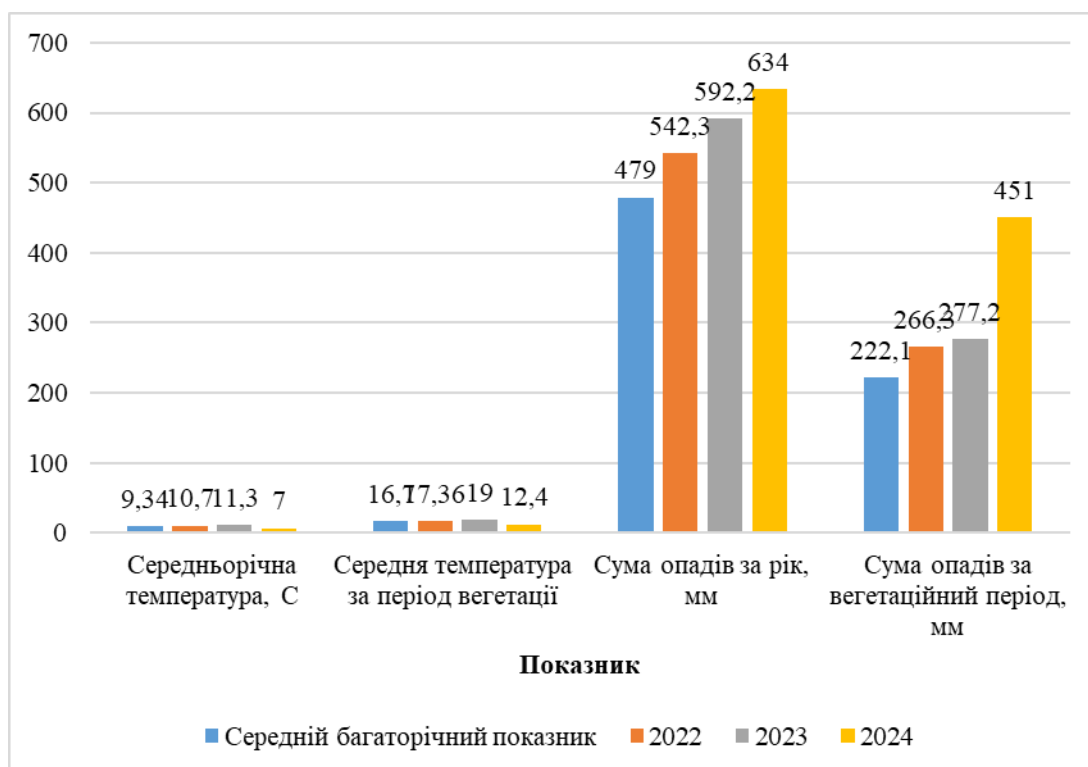


Рис.2.1. – Погодні умови Вінницької області за 2022-2024 рр.
(за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології)

Аналіз погодних умов за 2022 рік показав, що середньорічна температура навколишнього середовища склала $+9,34^{\circ}\text{C}$, що на 33,4% вище за середній багаторічний показник.

Сума опадів у 2022 році була в межах 479 мм, що на 24,4% нижче багаторічного попереднього показника. У 2023 році середньорічна

температура була в межах $+10,7^{\circ}\text{C}$, що вище середнього багаторічного показника на 52,8%. Сума опадів за 2023 рік склала 542,3 мм, що нижче багаторічного показника на 14,4%. Середньорічна температура навколишнього середовища у 2024 році склала $+11,3^{\circ}\text{C}$, що було вище за багаторічний показник на 61,4%.

Сума опадів за 2024 рік була в межах $592,2^{\circ}\text{C}$, що нижче за багаторічний показник на 6,6%.

Середньомісячна температура навколишнього середовища протягом вегетаційного періоду в 2022 році склала у квітні – $8,2^{\circ}\text{C}$, травні – $14,6^{\circ}\text{C}$, червні – $19,8^{\circ}\text{C}$, липні – 20°C та серпні – $20,7^{\circ}\text{C}$ (табл.2.1).

Таблиця 2.1

**Показники температури навколишнього середовища протягом
вегетаційного періоду соняшнику 2022р, $^{\circ}\text{C}$ (за даними Вінницького
обласного центру з гідрометеорології)**

Місяці вегетаційного періоду	Декади		
	I	II	III
Квітень	7,8	6,5	10,4
Травень	12,9	15,3	15,6
Червень	19,8	19,4	20,2
Липень	21,5	17,7	20,9
Серпень	19,6	20,4	22,1

Найнижчий показник середньомісячної температури в 2022 році зафіксовано у квітні, що становило $8,2^{\circ}\text{C}$, тоді як найвищий – у серпні – $20,7^{\circ}\text{C}$.

У 2022 році місячна сума опадів у квітні склала 45 мм, із яких у I декаді – 17,7%, II декаді – 2,2% та у III – 80%; у травні – 34,6мм, із яких у I декаді – 0,3%, II декаді – 1,45% та у III – 98,2%; у червні – 30 мм, з яких у I декаді – 30%, II декаді – 26,6% та у III – 43,3%; у липні – 46,0 мм, із яких у I декаді – 28,3%, II декаді – 91% та у III – 13% і в серпні – 65,5 мм, із яких у I декаді – 21,4%, II декаді – 77,8% та у III – 0,7% .

**Показники опадів протягом вегетаційного періоду соняшнику
2022р, мм. (за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології)**

Місяці вегетаційного періоду	Декади		
	I	II	III
Квітень	8	1	36
Травень	0,1	0,5	34
Червень	9	8	13
Липень	13	28	6
Серпень	14	51	0,5

Найвища кількість опадів у 2022 році протягом вегетаційного періоду соняшнику спостерігалась у серпні. Зокрема місячна сума опадів у серпні складала 65,5 мм і була вища порівняно з квітнем на 44,4%, травнем на 89,3%, червнем на 218%, та липнем – на 42,3%. Найменший рівень опадів виявлено у червні. Так, у цьому місяці сума опадів складала 30 мм, що було нижчим за суму опадів порівняно з квітнем на 33,4%, травнем – на 13,3%, липнем – на 34,7% та серпнем – на 54,2%. Найвища кількість опадів спостерігалася протягом II декади у серпні (51мм), тоді як найнижча у I декаді травня (0,1мм).

Таблиця 2.3

**Показники температури навколишнього середовища протягом
вегетаційного періоду соняшнику 2023р, °С (за даними Вінницького
обласного центру з гідрометеорології)**

Місяці вегетаційного періоду	Декади		
	I	II	III
Квітень	6,1	9,4	9,9
Травень	11,4	16,2	18,2
Червень	18,5	18,8	20,3
Липень	21,5	21,7	20,3
Серпень	21,7	22,5	23,9

Середньомісячна температура навколишнього середовища протягом

вегетаційного періоду вирощування соняшнику в 2023 році складала у квітні місяці – $12,7^{\circ}\text{C}$, травні – $14,6^{\circ}\text{C}$, червні – $19,8^{\circ}\text{C}$, липні – $13,39^{\circ}\text{C}$ та серпні $20,7^{\circ}\text{C}$. Найнижчий показник середньомісячної температури навколишнього середовища у 2023 році протягом вегетаційного періоду вирощування соняшнику спостерігався у квітні ($8,4^{\circ}\text{C}$), а найвищий – у серпні ($20,7^{\circ}\text{C}$).

Таблиця 2.4

**Показники опадів протягом вегетаційного періоду соняшнику
2023р, мм. (за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології)**

Місяці вегетаційного періоду	Декади		
	I	II	III
Квітень	55	30	7
Травень	3	0	0,3
Червень	10	43	22
Липень	36	3	25
Серпень	17	0	15

У 2023 році місячна сума опадів у квітні склала 92 мм, з яких у I декаді – 59,7%, II декаді – 32,6%, III – 7,6%; травні – 3,3 мм, з яких у I декаді – 91%, та III – декаді 9,0%, червні – 77 мм, з яких у I декаді – 13,3%, II декаді – 57,3%, III – 29,3%, липні – 66 мм, з яких у I декаді – 56,3%, II декаді – 4,7% та III – 39% та серпні – 32 мм, з яких у I декаді – 3,1% та III – 46,9%.

Найвища кількість опадів під час вегетаційного періоду соняшнику у 2023 році спостерігалась у квітні. Зокрема сума опадів у квітні 2023 року була вища порівняно з травнем у 27,8 рази, з червнем – у 1,22 рази, липнем – у 1,43 рази та серпнем – у 2,8 рази.

Найнижчий рівень опадів виявлено у травні, які склали лише 3,3 мм, порівняно з такими місяцями, як: квітень, червень, липень та серпень. У травні кількість опадів була нижча у 27,8 рази, 22,7, 1,43 та 2,87 рази відповідно. Найвищою кількістю опадів у 2023 році характеризувались I декада квітня, тоді як найнижча – III декада травня, протягом II декади

травня опадів не було взагалі.

Аналіз середньомісячної температури навколишнього середовища за вегетаційного періоду соняшнику (табл. 2.5) показав, що даний показник за квітень 2024 року склав $+12,2^{\circ}\text{C}$, травні – $15,8^{\circ}\text{C}$, червні – $21,1^{\circ}\text{C}$ та липні – $23,5^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 2.5

Показники температури навколишнього середовища протягом вегетаційного періоду вирощування соняшнику 2024р, $^{\circ}\text{C}$ (за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології)

Місяці вегетаційного періоду	Декади		
	I	II	III
Квітень	8,4	10,7	17,5
Травень	10,0	17,4	20,0
Червень	17,8	21,2	24,3
Липень	21,2	27,5	21,8
Серпень	20,5	24,3	21,6

Найвищою температурою навколишнього середовища у вегетаційний період характеризувався липень, тоді як квітень – традиційно найвищою.

Таблиця 2.6

Показники опадів протягом вегетаційного періоду соняшнику 2024р, мм. (за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології)

Місяці вегетаційного періоду	Декади		
	I	II	III
Квітень	42,0	15,0	27,0
Травень	7,0	12,9	3,0
Червень	23,0	10,0	47,0
Липень	20,0	31,2	7,0
Серпень	2,6	24,0	6,0

Аналіз опадів протягом вегетаційного періоду соняшнику в 2024 році за квітень склав – 84,5мм, травень – 229 мм, червень – 80 мм, липень – 57,2 мм та серпень - 32,6 мм.

2.2 Методика проведення досліджень

Програмою досліджень передбачалося три науково-господарських досліді.

Перший науково-господарський дослід передбачав вивчення урожайності соняшнику та надходження важких металів у сірий лісовий ґрунт з використанням комплексного мінерального удобрення згідно схеми досліджень. Метою першого наукового досліді (схема 1) передбачалось вивчення впливу різних доз мінеральних добрив у діючій речовині під час комплексного удобрення NPK сірого лісового ґрунту для вирощування соняшнику на ріст рослин та їх урожайність, надходження важких металів у ґрунтове середовище. Азотні добрива – були представлені у вигляді аміачної селітри, фосфорні – у вигляді суперфосфату подвійного та калійні – у вигляді калію хлористого.

Другий напрямок досліджень передбачав вивчення накопичення важких металів в урожаї соняшнику та продуктах його переробки.

Метою другого досліді було вивчення інтенсивності накопичення важких металів та нітратів у продукції, виробленої соняшником.

Ґрунти для лабораторних досліджень відбирали методом конверту спеціальним щупом з кожного поля. Відібраний ґрунт з п'яти точок об'єднували, видаляли залишки вегетативної маси, після чого формували проби по 0,5 кг кожна для відправлення в лабораторію.

Суть методу конверту полягала у відборі з п'яти точок кожного поля проб ґрунту (одна по центру і 4 по кутах). Відстань точок відбору по кутах від автодоріг та лісозахисних смуг складала не ближче 100 метрів відповідно до ДСТУ ІЗО 10381-1:2004.

Дослідження вмісту та коефіцієнтів накопичення і небезпеки Pb, Cd, Zn та Cu у надземній вегетативній масі соняшнику визначали окремо у стебловій та листовій масах. При цьому відбирали вегетативну масу з посіву соняшнику, видаляючи її з суцільної площі 1 м² з п'яти точок поле. Після чого формували зразки з подрібленої стеблової і листової маси,

Схема досліджень 1



зокрема шляхом відбору їх методом точкових проб з кожної партії.

Насіння соняшнику для лабораторних досліджень відбирали методом точкових проб по 0,5 кг з кожної ділянки.

Шрот одержували після переробки насіння соняшнику. Відбір зразків для лабораторних досліджень проводили методом точкових проб по 0,5 кг.

Квітковий пилок (бджолине обніжжя) з соняшнику відбирали за допомогою пилоквловлювача, описаного В.П. Поліщуком.

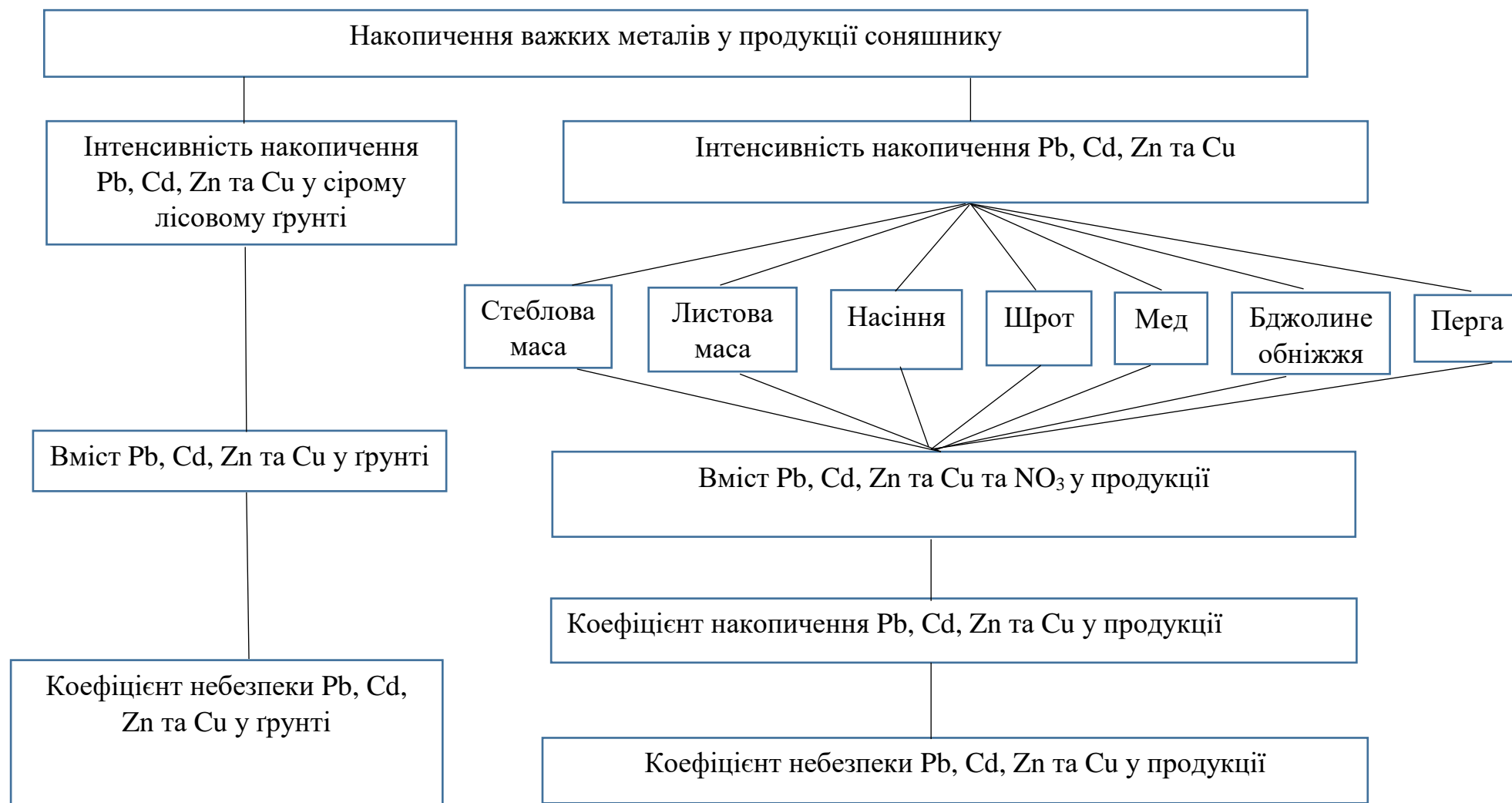
Перед початком цвітіння соняшнику бджолині сім'ї розміщували біля його посівів на відстані до 0,5 км, протягом цвітіння вмикали у роботу пилоквловлювачі, їх вмикали до 14⁰⁰ кожної доби відбирали бджолине обніжжя, висушували при $t\ 41^{\circ}\text{C}$, після чого за морфологічними ознаками відбирали тільки ту обніжку, яка вироблена бджолиними сім'ями з квіткового пилку соняшнику. Зі сформованої партії методом точкових проб відбирали проби для лабораторних досліджень масою 0,3 кг.

Для одержання перги перед початком цвітіння соняшнику у гнізда розміщували від 3 до 5 коричневих та нумерованих стільників у залежності від сили бджолиних сімей. По закінченню цвітіння соняшнику відбирали із бджолиних гнізд стільники з пергою, видаляли з них мед та проводили просушку бджолами.

Після просушки (видалення залишків меду зі стільників бджолами) за допомогою сушильної камери ($t\ 40^{\circ}\text{C}$) видаляли вологу з перги до вмісту її 12-15%, проморожували за $t\ -5^{\circ}\text{C} - -10^{\circ}\text{C}$ та піддавали механічному подрібненню. Після механічного подрібнення стільників з пергою видаляли залишки воскових крихт (стінки та основи комірок стільника) та від одержаної перги відбирали по 0,3 кг методом точкових проб для лабораторних досліджень.

Для одержання меду, виробленого з нектару соняшнику ,за тиждень до початку цвітіння даної культури розміщували бджолині сім'ї в межах 0,3- 0,5 км від посівів.

Схема досліджень 2



На початку цвітіння соняшнику в бджолині гнізда розміщували пусті пронумеровані стільники для одержання меду. Після закінчення цвітіння соняшнику контрольні стільники із запечатаним медом забирали з гнізд та відкачували у центрифугі. Одержаний мед фільтрували, пропускаючи через фільтр для очищення його від залишків воскових крихт, після чого протягом шести діб відстоювали. Після відстоювання видаляли верхні дрібні воскові крихти та відбирали зразки для встановлення ботанічного походження меду (відповідність нектаропилконосній культурі). Ботанічне походження меду визначали за пилковим аналізом, тобто наявністю в меді пилкових зерен, морфологічні ознаки яких (форма, колір) указують на культуру, якій ці ознаки є характерні.

Для цього мед розчиняли у дистильованій воді, центрофугували і відстоювали, пильцеві зерна при цьому осідали на дно колби. Із осаду відбирали на предметні скельця його частину і під мікроскопом встановлювали морфологічні ознаки пильцевих зерен та відношення до нектаропилконосної рослини. Після визначення ботанічного походження меду та переконання, що він вироблений з нектару соняшнику, методом точкових проб алюмінієвим трубчастим трубовідбірником брали зразки по 0,5 кг для лабораторного аналізу.

Третій науково-господарський дослід передбачав вивчення впливу різних видів мінеральних добрив та десикацій посівів соняшнику на якість виробленої продукції, згідно схеми досліджень 3.

Метою даного досліду було з'ясування впливу удобрення ґрунту певним видом мінерального добрива на якість виробленої продукції як при їх комплексному застосуванні, так і після десикації посівів соняшнику.

Третій науково-господарський дослід включав п'ять варіантів досліджень. Перший із них був контрольним без удобрення, другий варіант - комплексне мінеральне удобрення аміачною селітрою P_{90} та калієм хлористим K_{90} , третій варіант досліджень охоплював тільки удобрення ґрунтів аміачною селітрою, N_{90} , четвертий варіант – суперфосфатом

подвійним, P_{90} , та п'ятий варіант – тільки калієм хлористим, K_{90} . Десикацію соняшнику проводили тільки у другому варіанті досліджень з мінеральним удобренням $N_{90}P_{90}K_{90}$. Вміст нітратів у насінні соняшнику та шроті, одержаному після видалення олії, визначали тільки у другому варіанті досліджень.

Вміст важких металів у дослідному матеріалі проводили атомно-абсорбційним методом визначення токсичних елементів у харчових продуктах та харчовій сировині згідно ДСТУ 4362: 2004, ДСТУ 4770: 2007 [6, 7, 8, 9].

Коефіцієнт накопичення (Кнак.) забруднювачів у надземній вегетативній масі соняшнику (стеблі, листі), насінні, квітковому пилку та нектарі розраховували за формулою: $K_{нак} = C_p / C_n$

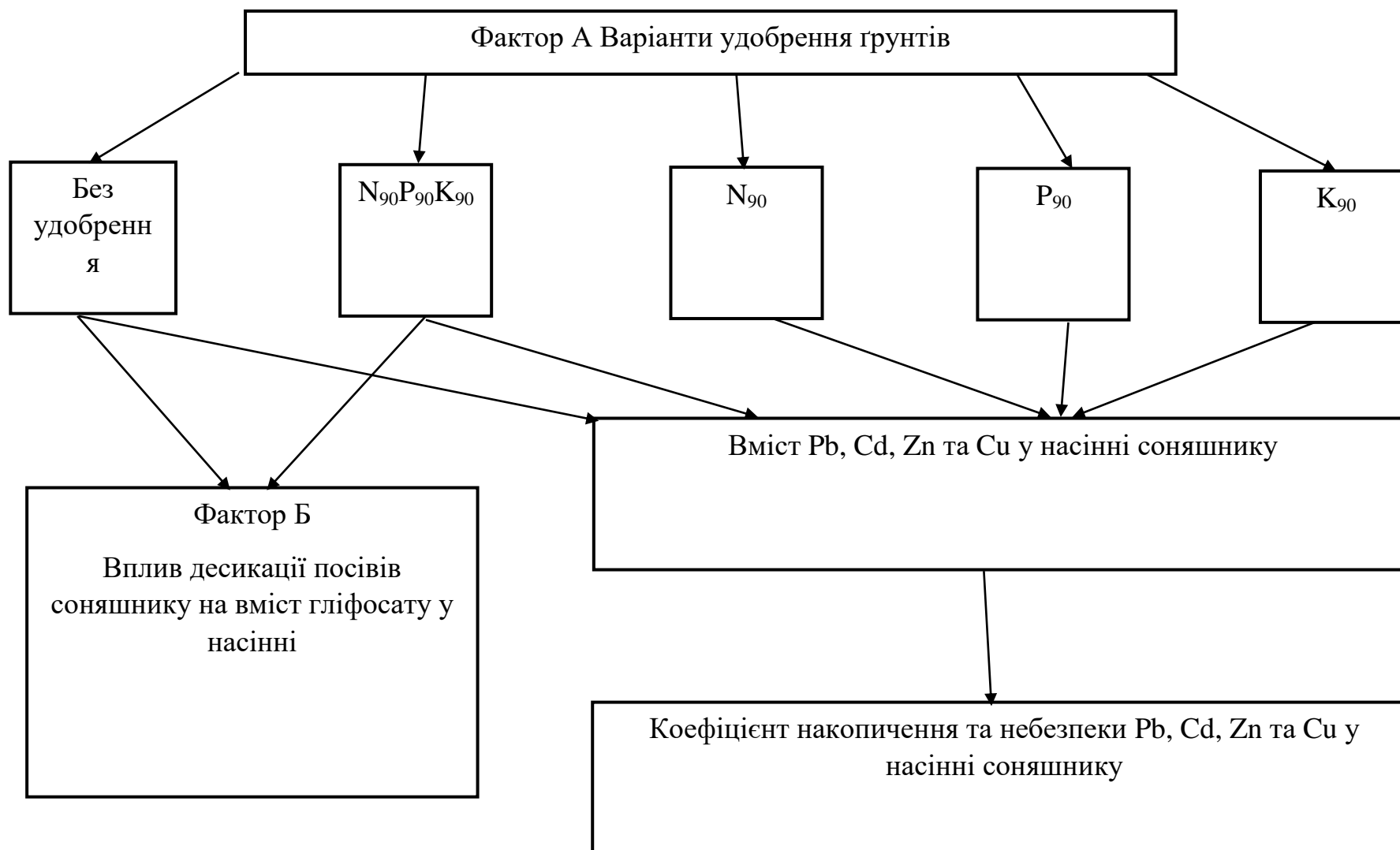
де C_p – вміст речовини забруднювачів у продукції, мг/кг,

C_n – вміст речовини забруднювачів у ґрунті, мг/кг

Коефіцієнт небезпеки (Кнеб.) забруднювача у вегетативній масі соняшнику, насінні, квітковому пилку (бджолине обніжжя) та нектарі (мед) визначали за формулою: $K(неб) = C_p / ДР$

де C_p – вміст речовини забруднювачів у продукції, а ДР – допустимі рівні, мг/кг.

Одержані дані за результатом досліджень обробляли статистично з урахуванням середніх арифметичних величин (M). Середнє квадратичне відхилення (m) та достовірність різниці між середніми величинами (критерій P) для показу ймовірності в таблицях наведені умовні позначення зірочками: $P < 0,05$ – *; $P < 0,01$ – **; $P < 0,001$ – ***.



Список використаних джерел до розділу 2

1. ДСТУ 3127-95. Обніжжя бджолине (пилок квітковий) і його суміші. Технічні умови. [Чинний від 01.07.1997]. К.: Держстандарт України. 1995. 66 с.
2. ДСТУ 4114-2002. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна. Офіц. вид. Чинний від 01.01.2003. Київ. Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. 7 с.
3. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 9 с.
4. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини. Чинний від 2005-07-01. Київ. Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.
5. ДСТУ 4497:2005 Мед натуральний. Технічні умови
6. 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. Вид. офіц. Чинний від 20090101. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 9 с
7. 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. Вид. офіц. Чинний від 20090101. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 9 с
8. ДСТУ 4770.6:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук міді в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Вид. офіц. Чинний від 20090101. К.: Держспоживстандарт України, 2008. 9 с.

9. 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. Вид. офіц. Чинний від 20090101. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 9 с.
10. ДСТУ ISO 10381-1:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1 Настанови щодо складання програм відбирання проб. [Чинний від 2006-04-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 29 с.
11. ДСТУ ISO 10381-2:2004. Якість ґрунту. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб. [Чинний від 2004-04-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 29 с.
12. Методичні вказівки з атомно-абсорбційних методів визначення токсичних елементів у харчових продуктах та харчовій сировині. № 01. 19/47 від 25.12.1992р
13. Могильна О.М., Муравйов О.В., Рудь В.П., Вітанов О.Д. Методологічні аспекти еколого-економічного розвитку органічного овочівництва в Україні. Інституційне забезпечення: Монографія. Харків : ТОВ «ВП «Плеяда». 2017. 91 с.
14. Офіційний сайт Вінницького обласного центру з гідрометеорології. URL: <https://meteo.vn.ua/> (дата звернення 17.12.2024).
15. Поліщук В.П. Бджільництво. Київ: Вища школа. 2001. 284 с.

РОЗДІЛ 3. УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ВИРОБЛЕНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ І ДЕСИКАЦІЇ ПОСІВІВ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

Інтенсифікація галузі рослинництва, якій притаманні високі урожаї, що по деяких культурах, зокрема і соняшнику, стрімко зростають, унаслідок генної інженерії та високого рівня боротьби з бур'янами, хворобами і шкідниками рослин та мінерального удобрення ґрунтів, помітно вплинули на агроекологічний стан ґрунтів, що потребує контролю за якістю вирощеного урожаю та продуктів його переробки.

3.1. Урожайність соняшнику та надходження важких металів у сірий лісовий ґрунт з мінеральним удобренням

Сучасне землеробство в зоні Лісостепу Правобережного, яке перебуває в умовах дефіциту зволоження та надлишкового впливу температури навколишнього середовища, негативно позначається на врожайності сільськогосподарських культур, що потребує за даних умов корегування виробництва продукції рослинництва.

Одним із заходів щодо підвищення врожайності і обсягів виробництва продукції рослинництва є вирощування в даних умовах сільськогосподарських культур більш адаптивних до таких природно-кліматичних факторів. У зв'язку з цим у сучасній сівозміні в умовах Лісостепу Правобережного за останні декілька десятиліть помітно зросли обсяги вирощування соняшнику, який культивувався в минулому переважно в південній частині нашої країни. Дана культура більш адаптована до сучасних природно-кліматичних умов, хоча і добре реагує на достатнє зволоження ґрунту. На теренах Вінниччини, у більшості фермерських господарств, соняшник у польовій сівозміні займає одне із перших місць після озимих зернових культур з перемінним чергуванням з кукурудзою.

Переважна частина сортів соняшнику належить до гібридів, яким характерна висока врожайність. За таких умов спостерігається високий рівень виносення з ґрунтів хімічних речовин з урожаєм, що потребує повернення їх за рахунок удобрення. Як правило, даний захід в умовах Лісостепу Правобережного відбувається переважно за рахунок мінерального удобрення.

Обсяги застосування мінеральних добрив у сучасній сівозміні стрімко зростають. Рівень мінерального удобрення ґрунтів та інтенсивність засвоєння рослинами елементів живлення залежить від цілого ряду факторів, зокрема ботанічного походження рослин, урожайності, типу ґрунту, вмісту в ньому елементів живлення рослин, природно-кліматичних факторів (температура, опади), сівозміни та ін.

Аналіз використання мінеральних добрив для балансу елементів живлення рослин в умовах сільськогосподарських угідь Лісостепу Правобережного показує, що цей процес до 95% відбувається за рахунок мінеральних добрив, у деяких випадках цей показник є дещо вищим. Мінеральне удобрення ґрунтів добривами сприяє підвищенню врожайності, що в тою чи іншою мірою підвищує обсяги виробництва та рівень рентабельності. Поряд з цим необхідно відмітити і недоліки використання мінеральних добрив, зокрема підкислення ґрунтів, забруднення їх різними токсикантами, в тому числі і важкими металами, та підвищення техногенного навантаження на сільськогосподарські угіддя.

Тому метою даного напрямку досліджень було вивчення різних норм мінеральних добрив для оптимізації техногенного навантаження при їх використанні та їхній вплив на особливості росту і розвиток посівів соняшнику та накопичення в ґрунті важких металів у результаті інтенсивного землеробства в умовах екологічної нестабільності Лісостепу Правобережного.

За результатом наших досліджень встановлено, що поява сходів соняшнику настала одночасно на всіх варіантах із внесенням добрив – на

8-му добу після сівби. Лише на варіанті без добрив сходи соняшнику з'явилися на одну добу пізніше. Перша пара справжніх листків на варіантах соняшнику з'явилася на 28-32-у добу після сівби. Найраніше дана фаза настала на варіантах внесення $N_{45}P_{90}K_{45}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування, а найпізніше – на контрольному варіанті без внесення добрив (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

**Настання фаз росту і розвитку гібриду соняшнику Mas82.A
залежно від системи удобрення (середнє за 2022-2024 рр.)**

Фаза росту і розвитку соняшнику	Система удобрення соняшнику					
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{90}P_{45}K_{45}$	$N_{45}P_{90}K_{45}$	$N_{45}P_{45}K_{90}$	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування	Без добрив
Поява сходів	8	8	8	8	8	9
1-ша пара листків	29	29	28	29	28	32
Формування листків	44	45	42	44	43	48
Ріст стебла	57	55	55	57	58	60
Бутонізація	71	73	70	72	73	70
Цвітіння	93	95	91	93	93	98
Розвиток насіння	126	130	125	127	125	128
Дозрівання насіння	140	145	138	139	140	135
Відмирання рослин	155	160	153	155	153	147

Фаза формування листків соняшнику настала у проміжку 42-48-ї доби після сівби. Найшвидше почало наростати листя на варіанті внесення

$N_{45}P_{90}K_{45}$, а найпізніше – на контрольному варіанті без внесення добрив. Інтенсивний ріст стебла сояшнику розпочався на 55-60-ту добу після сівби. Найраніше дана фаза розпочалась на варіантах внесення $N_{90}P_{45}K_{45}$ та $N_{45}P_{90}K_{45}$, а найпізніше – на контрольному варіанті без внесення добрив.

Бутонізація сояшнику розпочалась на 70-73-тю добу після сівби. Найраніше вона настала на варіантах внесення $N_{45}P_{90}K_{45}$ та на контрольному варіанті без добрив, а найпізніше – на варіанті $N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування. Цвітіння сояшнику настало на 91-98-му добу після сівби. Найраніше цей процес почався на варіанті внесення $N_{45}P_{90}K_{45}$, а найпізніше – на контрольному варіанті без внесення добрив.

Розвиток насіння сояшнику наступив на 125-130-ту добу після сівби. Найраніше почало формуватися насіння на варіантах внесення $N_{45}P_{90}K_{45}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування, а найпізніше – з внесенням $N_{90}P_{45}K_{45}$. Дозрівання насіння розпочалось на 135-145-ту добу після сівби. Найраніше дозріло насіння сояшнику на контрольному варіанті без внесення добрив, а найпізніше – з внесенням $N_{90}P_{45}K_{45}$. Відмирання рослин сояшнику настало на 147-160-ту добу після сівби. Найраніше даний процес почався на контрольному варіанті без внесення добрив, а найпізніше – з внесенням $N_{90}P_{45}K_{45}$.

Таким чином встановлено, що різні комбінації мінеральних добрив мали певний вплив на настання основних фаз росту і розвитку сояшнику. Загалом за більшістю основних фаз росту і розвитку сояшнику спостерігалось їх прискорене настання з внесенням $N_{45}P_{90}K_{45}$, тобто комбінації мінеральних добрив з перевагою мінерального фосфору. Така тенденція чітко проявлялась на початкових етапах росту і розвитку сояшнику. Фосфор сприяє пришвидшенню процесів розвитку рослин сояшнику. Також окремі фази росту і розвитку швидко наставали за внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування. Починаючи з другої половини вегетаційного періоду сояшнику відчутніше почало проявлятися раніше настання фаз росту і розвитку у рослин з контрольного варіанту без внесення

добрив. Це було зумовлено нестачею поживних речовин у ґрунті та прискоренням розвитку рослин соняшнику. Варіант внесення $N_{90}P_{45}K_{45}$ з переважанням мінерального азотного удобрення у загальній схемі проявив ефект затримки у настанні фаз росту і розвитку рослин соняшнику, особливо у другій половині вегетації. Це зумовлено надлишком мінерального азоту, який зумовлював затягування процесів росту і розвитку рослин соняшнику.

Різні варіанти удобрення соняшнику мали прямий вплив на ростові процеси рослин. (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Динаміка росту гібриду соняшника Mas82.A залежно від удобрення, см, (середнє за 2022-2024 рр.)

Фаза росту і розвитку соняшнику	Система удобрення соняшнику					
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{90}P_{45}K_{45}$	$N_{45}P_{90}K_{45}$	$N_{45}P_{45}K_{90}$	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування	Без добрив
Поява сходів	2	3	2	2	3	1
1-ша пара листків	5	6	5	5	6	4
Формування листків	30	32	31	30	32	25
Ріст стебла	78	84	80	79	83	68
Бутонізація	165	176	168	167	172	154
Цвітіння	176	180	178	177	178	168
Розвиток насіння	170	176	174	172	175	160
Дозрівання насіння	165	171	169	168	170	153
Відмирання рослин	158	166	163	160	164	148

Зокрема у фазі появи сходів висота рослин соняшнику становила 1-3 см

Найвищими були рослини з варіанту удобрення $N_{90}P_{45}K_{45}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування, а найнижчими – з контрольного варіанту без внесення добрив.

У фазі першої пари справжніх листків висота рослин соняшнику становила 4-6 см. Найвищими були рослини з варіантів удобрення $N_{90}P_{45}K_{45}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування, а найнижчими – з контрольного варіанту без внесення добрив. У фазу формування листків висота рослин соняшнику з різних варіантів становила 25-32 см. Найвищими були рослини з варіантів удобрення $N_{90}P_{45}K_{45}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування, а найнижчими – з контрольного варіанту без внесення добрив.

У фазі інтенсивного росту стебла висота рослин соняшнику становила 68-84 см. Найвищими були рослини з варіанту удобрення $N_{90}P_{45}K_{45}$, а найнижчими – з контрольного варіанту без внесення добрив. У фазі бутонізації висота рослин соняшнику зросла у два рази, порівняно з попередньою фазою і становила 154-176 см. Найвищими були рослини з варіанту удобрення $N_{90}P_{45}K_{45}$, а найнижчими – з контрольного варіанту без внесення добрив. У фазі цвітіння висота рослин соняшнику становила 168-180 см. Найвищими були рослини з варіанту удобрення $N_{90}P_{45}K_{45}$, а найнижчими – з контрольного варіанту без внесення добрив.

У фазі розвитку насіння висота рослин соняшнику почала зменшуватись і становила 160-176 см. Найвищими були рослини з варіанту удобрення $N_{90}P_{45}K_{45}$, а найнижчими – з контрольного варіанту без внесення добрив. У фазі дозрівання насіння висота рослин соняшнику становила 153-171 см. Найвищими були рослини з варіанту удобрення $N_{90}P_{45}K_{45}$, а найнижчими – з контрольного варіанту без внесення добрив. У фазі відмирання рослин висота рослин соняшнику становила 148-166 см. Найвищими були рослини з варіанту удобрення $N_{90}P_{45}K_{45}$, а найнижчими – з контрольного варіанту без внесення добрив.

Таким чином нами встановлено, що найбільші прирости висоти рослин соняшнику за фазами росту і розвитку встановлені на варіанті удобрення

$N_{90}P_{45}K_{45}$, де проявляється комбінація подвійного внесення мінерального азоту. Саме у цьому варіанті були встановлені подовжені міжфазні періоди росту і розвитку рослин з найтривалішим періодом вегетації. Також значна висота рослин по фазах росту і розвитку була характерна для рослин з варіанту удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування. Найменшу висоту впродовж усіх фаз росту і розвитку мали рослини соняшнику з контрольного варіанту без внесення добрив. Цей варіант відзначався найкоротшим періодом вегетації.

Важливим чинником, що впливає на ріст і розвиток рослин соняшнику є параметри динаміки його густоти. У фазі повних сходів можна визначити польову схожість насіння соняшнику. Різні варіанти удобрення мали певну відмінність у показниках густоти, оскільки наявність повноцінних і збалансованих поживних речовин при проростанні насіння є дуже важливим чинником. Густота рослин соняшнику коливалася від 65 до 69 тисяч рослин на гектар. Найбільша густота рослин була характерна для варіантів удобрення $N_{45}P_{90}K_{45}$, $N_{45}P_{45}K_{90}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування. Найменша густота рослин була характерна для варіанту без внесення мінеральних добрив (табл. 3.3).

Таблиця 3.3.

Густота рослин гібриду соняшнику Mas82.A залежно від удобрення, тис. шт/га, насіння, (середнє за 2022-2024 рр.)

Фаза росту і розвитку соняшнику	Система удобрення соняшнику					
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{90}P_{45}K_{45}$	$N_{45}P_{90}K_{45}$	$N_{45}P_{45}K_{90}$	$N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування	Без добрив
Повні сходи	68	67	69	69	69	65
Польова схожість, %	90,6	89,3	92,0	92,0	92,0	86,7
Дозрівання насіння	65	63	67	67	68	61
Зрідження, %	4,4	6,0	2,9	2,9	1,4	6,2

Польова схожість насіння визначається як відношення кількості висіяного насіння до кількості отриманих сходів. При висіванні 75 000 схожих насінин сояшнику на гектар польова схожість насіння становила 86,7-92,0%. Найвищу польову схожість насіння мали варіанти удобрення $N_{45}P_{90}K_{45}$, $N_{45}P_{45}K_{90}$ та $N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування, а найменшу – з контрольного варіанту без внесення добрив.

Важливим показником, що суттєво впливає на кінцеву урожайність насіння сояшнику, є густота рослин у фазі дозрівання насіння. Вона коливалась залежно від варіанту у діапазоні 61000-68000 рослин/га. Найбільшу густоту рослин у цю фазу росту і розвитку сояшнику мав варіант удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування, а найменшу – контрольний варіант без внесення добрив.

Упродовж вегетаційного періоду спостерігається подальше зрідження рослин сояшнику, що зумовлене міжрядними механізованими обробітками, впливом шкідників, хвороб, бур'янів та інших несприятливих чинників ґрунтового-погодного характеру. Проте оптимальне забезпечення рослин поживними речовинами може максимально сприяти збереженню рослин. На кінець вегетаційного періоду зрідження рослин сояшнику варіювало у діапазоні 1,4-6,2%. Найменше було зрідження рослин на варіанті удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$ + вапнування, а найбільше – на контрольному варіанті без внесення добрив.

Найнижча збереженість рослин сояшнику з варіанту без внесення добрив визначається найменшою їх стійкістю до несприятливих умов навколишнього середовища.

Ураховуючи середню едифікаторність посівів сояшнику, значної шкоди йому можуть завдавати бур'яни, особливо на початкових етапах його росту і розвитку, коли сояшник розвивається повільно та має великий вільний простір ґрунту, зумовлений широкорядним його посівом. Фактор внесення добрив також має сильний вплив на забур'яненість посівів сояшнику, адже поживні речовини, що надійшли з добривами для ґрунту

також поліпшують умови проростання та вегетації бур'янів. Тому контроль бур'янів у посівах соняшнику має бути обов'язковим, оскільки він впливає на процеси його росту і розвитку.

У фазі появи сходів соняшнику чисельність бур'янів у його посівах складала 10-23 шт./м². Найменша чисельність бур'янів була встановлена на варіанті без внесення добрив. Саме цей варіант ґрунту був найбільш несприятливим на поживні речовини, що позначалось і на проростанні бур'янів. Найбільше бур'янів зійшло на варіанті удобрення посівів N₄₅P₄₅K₄₅ + вапнування. Поряд з оптимальним надходженням поживних речовин до ґрунту з мінеральними добривами вапнування забезпечує оптимізацію кислотного середовища ґрунту, що також стимулює проростання насіння бур'янів, а також самі вапнякові матеріали можуть містити певну кількість насіння бур'янів, що також позначається на їх чисельності.

У фазі формування листків чисельність бур'янів становила 61-86 шт./м². Збереглась тенденція найбільшої чисельності бур'янів на варіанті внесення N₄₅P₄₅K₄₅ + вапнування та найменшої – на контрольному варіанті без внесення добрив. Збільшення чисельності бур'янів у посівах соняшнику від фази появи сходів до формування листків становило у 3,7-6,1 рази. Найбільше зросла чисельність бур'янів за вказаний період на контрольному варіанті без внесення добрив. Але цей варіант відзначався найменшою чисельністю бур'янів на початок сходів. Відсутність збалансованого мінерального живлення рослин соняшнику на цьому варіанті зумовлювала затримку росту і розвитку соняшнику, а також повільне наростання висоти та густоти рослин. Наявний простір був освоєний бур'янами, що й позначилось на збільшенні їх чисельності. Найменше зростання чисельності бур'янів за проміжок часу поява сходів – формування листків було виявлене на варіанті удобрення N₄₅P₄₅K₄₅ + вапнування. Проте цей варіант мав найбільшу чисельність бур'янів у фазі появи сходів, а також сприятливі умови росту і розвитку рослин соняшнику зумовили такий результат.

На кінець вегетації соняшнику чисельність бур'янів у його посівах

зменшилась на усіх варіантах. Цьому сприяв інтенсивний ріст соняшнику в другій половині вегетації та суцільне затінення поверхні ґрунту. За таких умов бур'яни гинули. Чисельність бур'янів на кінець вегетації соняшнику становила 8-29 шт./м². Найменше бур'янів було виявлено на варіанті удобрення N₄₅P₄₅K₄₅, а найбільше – на контрольному варіанті без внесення добрив. Загалом зрідження чисельності бур'янів до кінця вегетації стало у 2,1-6,8 рази. Найбільше зменшення чисельності бур'янів було встановлено на варіанті внесення N₉₀P₄₅K₄₅, а найменше – на контрольному варіанті без внесення добрив.

Зміна співвідношення NPK добрив у процесі вирощування соняшнику певною мірою вплинула і на його урожайність (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Урожайність насіння гібриду соняшнику Mas82.A
з різними варіантами мінерального удобрення ґрунтів т/га,
(середнє за 2022-2024 рр.)**

Варіанти удобрення	Період проведення досліджень			В середньому за 2022-2024 рр.
	2022 р.	2023 р.	2024 р.	
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	2,3	2,4	1,9	2,20
N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	3,0	2,6	2,4	2,65
N ₄₅ P ₉₀ K ₄₅	2,4	2,5	2,1	2,33
N ₄₅ P ₄₅ K ₉₀	2,6	2,5	2,2	2,43
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,7	3,5	3,4	3,53
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ +десикант	2,7	2,4	2,0	2,40

Так, з удобренням ґрунтів N₄₅P₄₅K₄₅ врожайність соняшнику в середньому за 2022-2024 роки склала 2,20 т/га. Підвищення у два рази аміачної селітри у варіанті (N₉₀P₄₅K₄₅), суперфосфату подвійного (N₄₅P₉₀K₄₅), калію хлористого (N₄₅P₄₅K₉₀) та у варіанті (N₉₀P₉₀K₉₀) спостерігалось збільшення врожайності на 20,4%, 6,0%, 10,4% та 60,4%.

Мінеральні добрива, які знайшли своє широке застосування в

рослинництві в умовах проведення досліджень щодо вирощування соняшнику включають переважно аміачну селітру з вмістом діючої речовини 34%, суперфосфат подвійний з вмістом діючої речовини 50% та калій хлористий з вмістом 60% діючої речовини (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

**Вміст важких металів у мінеральних добривах, мг/кг,
(середнє за 2022-2024 рр.)**

Важкі метали	Азотні добрива	Фосфорні добрива	Калійні добрива
Pb	2,0	4,4	3,0
Cd	0,05	0,8	3,0
Zn	0,6	36	8,3
Cu	1,0	12,3	-

Тобто, у ґрунти потрапляє із розрахунку на 100 кг з аміачною селітрою 34 кг азоту, з суперфосфатом подвійним – 50 кг та калієм хлористим – 60 кг, а інша частина добрив є доповнювачем до фізичної маси, у складі якої є Pb, Cd, Zn та Cu.

Розрахунок вмісту важких металів і мікроелементів у фізичній вазі мінеральних добрив із врахуванням діючої речовини згідно схеми удобрення ґрунтів під час вирощування соняшнику наведено в таблиці 3.6.

За результатом досліджень встановлено, що надходження важких металів як за мінімального, так і за максимального вмісту у мінеральних добривах з удобренням сірого лісового ґрунту при вирощуванні соняшнику в зростаючій регресії має наступну послідовність по аміачній селітрі Cd → Pb → Cu → Zn, суперфосфату подвійного Cd → Pb → Cu → Zn та калію хлористого Cd → Cu → Pb → Zn.

З мінеральним удобренням ґрунтів при вирощуванні соняшнику найвища кількість Pb, Zn та Cu надходить з суперфосфатом подвійним, а Cd з калієм хлористим.

Виявлені певні зміни валового надходження Pb, Cd, Zn та Cu до сірого лісового ґрунту за умов різного співвідношення добрив.

Вміст важких металів у фізичній масі мінеральних добрив під час вирощування гібриду соняшнику Mas82.A, мг/кг, (середнє за 2022-2024 рр.)

Фізична маса добрив згідно варіантів удобрєння	Важкі метали та мікроелементи			
	Pb	Cd	Zn	Cu
N ₄₅ / 132	264	6,6	79,2	132
N ₉₀ / 264	528	13,2	158,4	264
P ₄₅ / 90	396	72	3240	1107
P ₉₀ / 180	792	144	6480	2214
K ₄₅ / 75	225	225	-	622,5
K ₉₀ / 150	450	450	-	12454

Таким чином нами встановлено, що найвища польова схожість насіння соняшнику та найбільший відсоток збереження рослин до кінця вегетації забезпечує удобрення N₄₅P₉₀K₄₅ та N₄₅P₄₅K₉₀. Саме варіанти із додатковим внесенням фосфору, калію мали найвищі показники. Цьому сприяли відповідні поживні речовини – фосфор та калій, що позитивно впливають на формування кореневої системи, підвищують стійкість рослин до несприятливих чинників навколишнього середовища.

У результаті удобрення сірого лісового ґрунту N₄₅P₄₅K₄₅ валове надходження важких металів склало 20400,9 мг/га; з підвищенням у два рази норми внесення аміачної селітри (варіант N₉₀P₄₅K₄₅), суперфосфату подвійного (варіант N₄₅P₉₀K₄₅) та калію хлористого (варіант N₄₅P₄₅K₉₀) виявлено підвищення надходження цих речовин до ґрунтового середовища на 17,5%, 45,2% та 23,9% відповідно.

Найвища кількість важких металів потрапила в ґрунт після збільшення у два рази суперфосфату подвійного.

Аналіз інтенсивності надходження Pb у сірий лісовий ґрунт за його мінерального удобрення (рис. 3.1) показує, що в зростаючій регресії

спостерігається така послідовність: $N_{45}P_{45}K_{45} \rightarrow N_{45}P_{45}K_{90} \rightarrow N_{45}P_{90}K_{45} \rightarrow N_{90}P_{45}K_{45} \rightarrow N_{90}P_{90}K_{90}$.

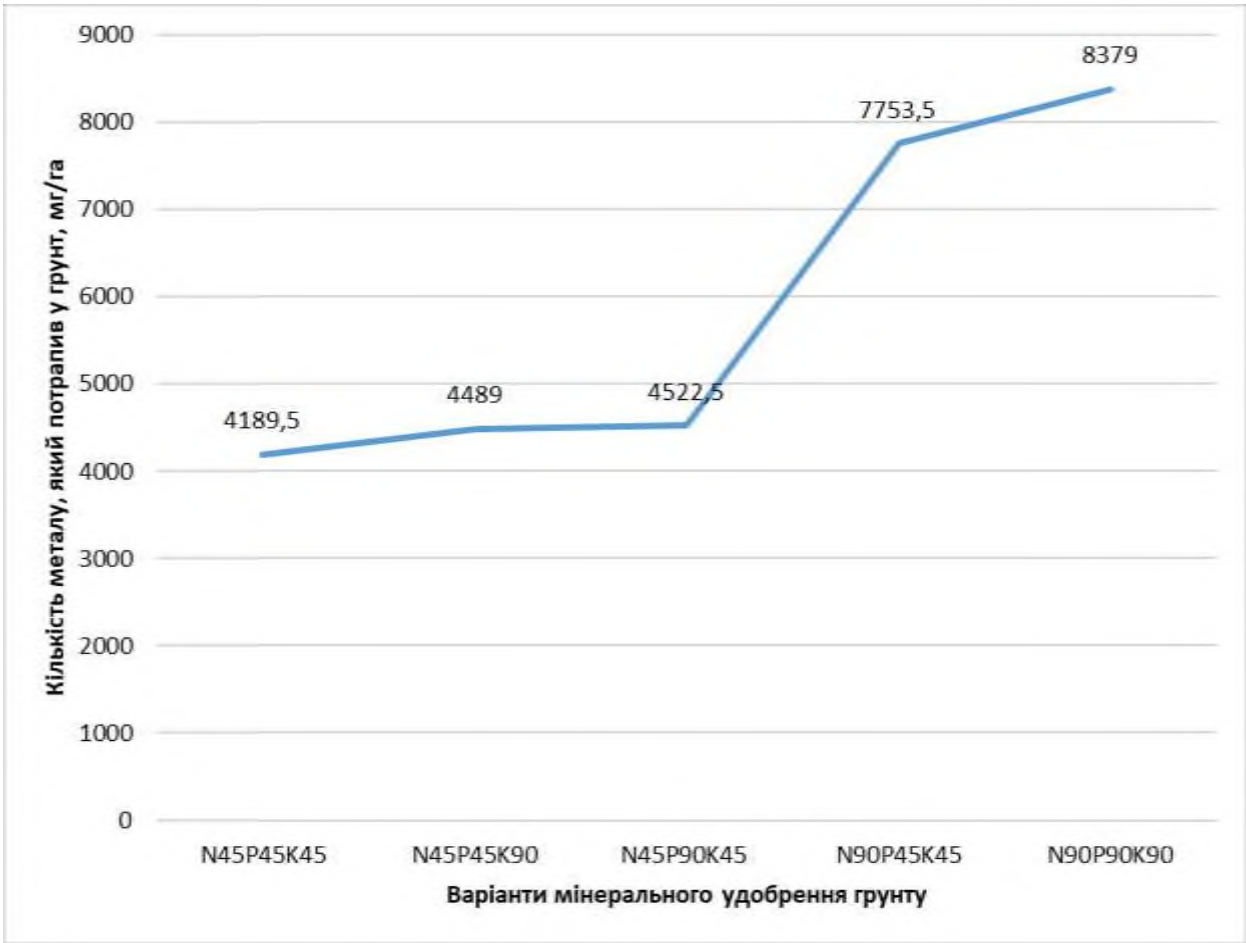


Рисунок. 3.1 Інтенсивність надходження у зростаючій регресії Pb у сірий лісовий ґрунт за його мінерального удобрення, мг/га, (середнє за 2022-2024 рр.)

Інтенсивність надходження Cd у сірий лісовий ґрунт за його мінерального удобрення (рис. 3.2) показує, що у зростаючій регресії спостерігається така послідовність: $N_{45}P_{45}K_{45} \rightarrow N_{90}P_{45}K_{45} \rightarrow N_{45}P_{45}K_{90} \rightarrow N_{45}P_{90}K_{45} \rightarrow N_{90}P_{90}K_{90}$.

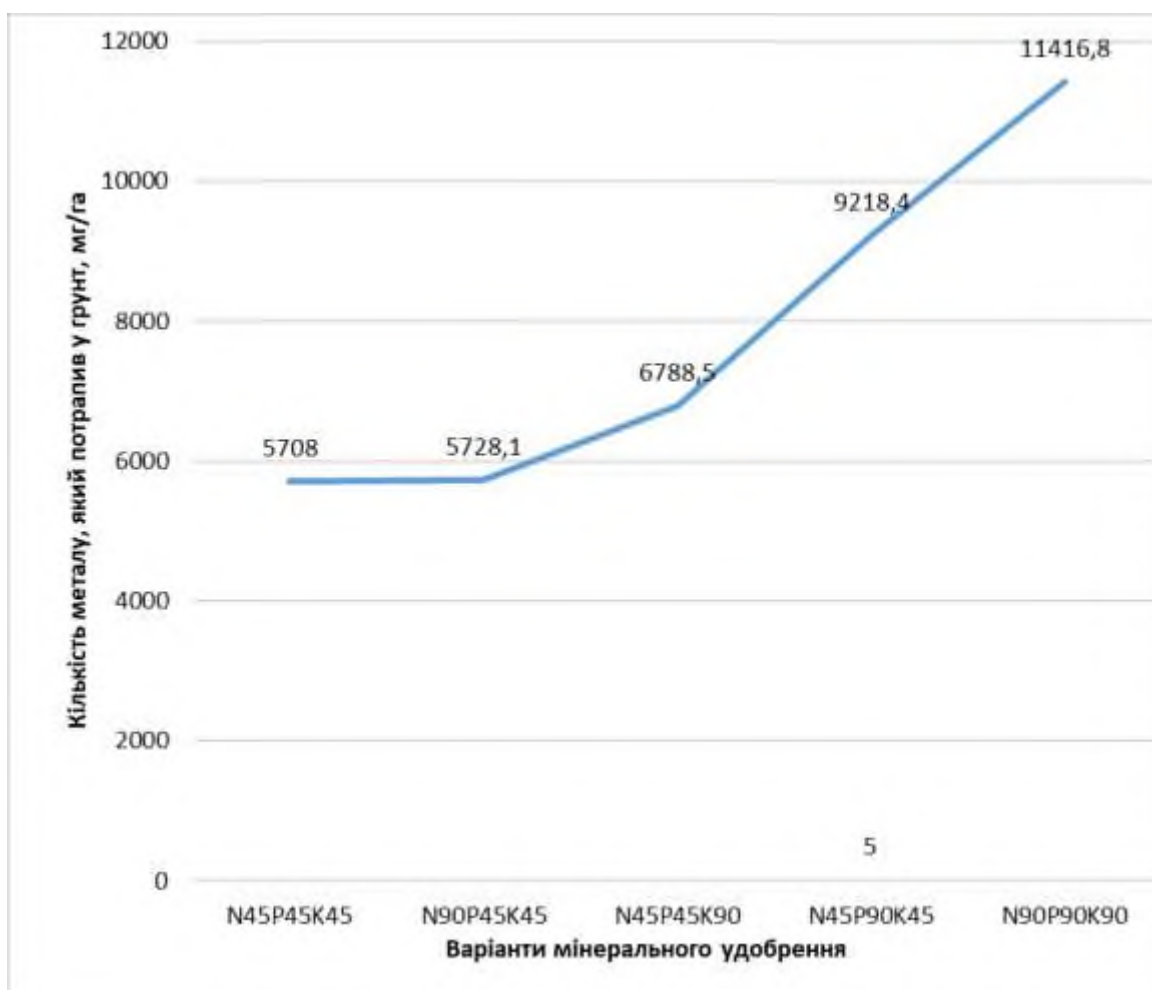


Рисунок 3.2 – Інтенсивність надходження у зростаючій регресії Cd у сірий лісовий ґрунт за його мінерального удобрення, (середнє за 2022-2024 рр.)

У зростаючій регресії надходження Zn до сірого лісового ґрунту (рис. 3.3) за його мінерального удобрення спостерігалось у такій послідовності: $N_{45}P_{45}K_{45} \rightarrow N_{90}P_{45}K_{45} \rightarrow N_{45}P_{45}K_{90} \rightarrow N_{45}P_{90}K_{45} \rightarrow N_{90}P_{90}K_{90}$.

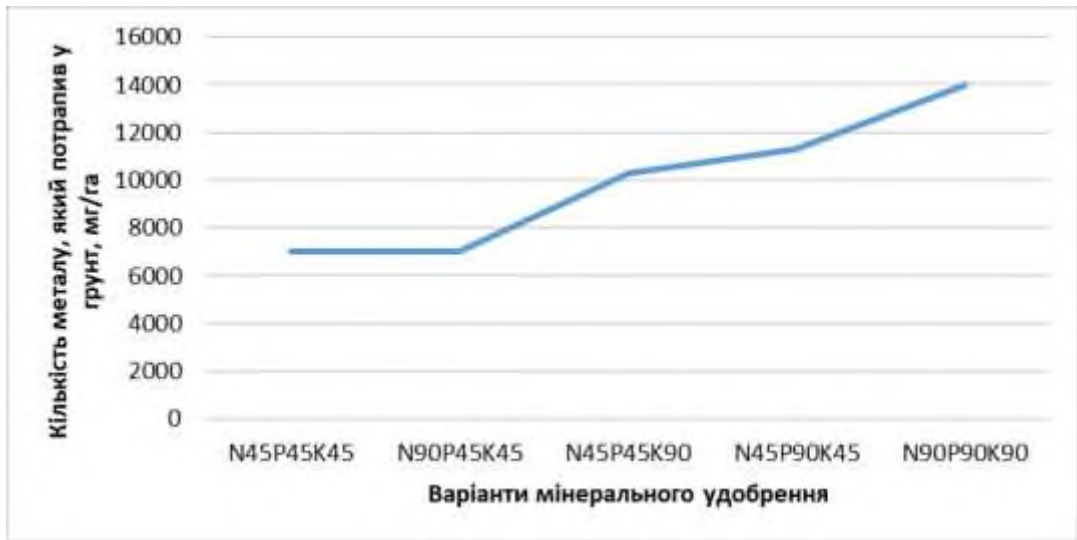


Рисунок 3.3 – Інтенсивність надходження у зростаючій регресії Zn у сірий лісовий ґрунт за його мінерального удобрення, (середнє за 2022-2024 рр.)

У зростаючій регресії надходження Си до сірого лісового ґрунту (рис. 3.4) за його мінерального удобрення при вирощуванні соняшнику спостерігалось у такій послідовності: $N_{45}P_{45}K_{45} \rightarrow N_{90}P_{45}K_{45} \rightarrow N_{45}P_{45}K_{90} \rightarrow N_{45}P_{90}K_{45} \rightarrow N_{90}P_{90}K_{90}$.



Рисунок 3.4 – Інтенсивність надходження у зростаючій регресії Си у сірий лісовий ґрунт за його мінерального удобрення, (середньому за 2022-2024 рр.)

Удобрення сірого лісового ґрунту мінеральними добривами (табл. 3.7) у варіанті ($N_{45}P_{45}K_{45}$) за вирощування соняшнику призводить до надходження в нього з мінеральними добривами 20400,9 мг/га важких металів, з яких Pb – 20,5%, Cd – 28,0%, Zn – 34,3% та Cu – 17,2%. У варіанті удобрення ґрунтів $N_{90}P_{45}K_{45}$ в них потрапляє з мінеральними добривами 23964,9 мг/га цих речовин, з яких Pb – 32,3 %, Cd – 23,8 %, Zn – 29,2 % та Cu – 14,6 % (Додаток Г).

Таблиця 3.7

Надходження важких металів до ґрунту за різних варіантів мінерального удобрення при вирощуванні гібриду соняшнику Mas82.A, мг/га, (середнє за 2022-2024 рр.)

Варіанти удобрення	Pb	Cd	Zn	Cu
$N_{45}P_{45}K_{45}$	4189,5	5708,0	6993	3510
$N_{90}P_{45}K_{45}$	4522,5	5728,1	6993	3510
$N_{45}P_{90}K_{45}$	7753,5	9218,4	11313	4570
$N_{45}P_{45}K_{90}$	4482	6758,5	10268,5	3780
$N_{90}P_{90}K_{90}$	8379	11416,8	13986	7020

У варіанті удобрення ґрунту $N_{45}P_{90}K_{45}$ валове надходження важких металів з мінеральними добривами складає 29623,9 мг/га, з яких Pb – 15,3 %, Cd – 31,1 %, Zn – 38,2 % та Cu – 15,4 %.

У варіанті удобрення ґрунтів $N_{45}P_{45}K_{90}$ за вирощування соняшнику на сірих лісових ґрунтах валове надходження важких металів з мінеральними добривами склало 25289 мг/га, з яких Pb – 17,7 %, Cd – 26,7 %, Zn – 40,6 % та Cu – 15,0 %.

У варіанті удобрення ґрунтів $N_{90}P_{90}K_{90}$ валове надходження важких металів за мінімального вмісту важких металів з мінеральними добривами склало 40801,8 мг/га, з яких Pb – 20,5%, Cd – 27,9%, Zn – 34,2% та Cu – 17,2%.

У зростаючій регресії валового надходження важких металів до сірого лісового ґрунту за його мінерального удобрення при вирощуванні соняшнику спостерігалось у такому співвідношенні NPK – по Pb – $1:1:1 \rightarrow 2:1:1 \rightarrow 1:1:2 \rightarrow 1:2:1$, по Cd – $1:1:1 \rightarrow 2:1:1 \rightarrow 1:1:2 \rightarrow 1:2:1$, Zn – $1:1:1 \rightarrow 2:1:1 \rightarrow 1:1:2 \rightarrow 1:2:1$ та Cu – $1:1:1 \rightarrow 2:1:1 \rightarrow 1:1:2 \rightarrow 1:2:1$.

3.2. Накопичення важких металів в продукції соняшнику

Насіння соняшнику широко використовується в багатьох галузях народного господарства, зокрема в харчовій, енергетичній, тваринницькій промисловостях та ін.

Поряд з цим у результаті вирощування цієї культури одержують вегетативну масу, нектар та квітковий пилок. Не менш важливими і цінними є відходи, одержані від переробки насіння – шрот та макуха, певного значення набуває і використання лузги.

Насіння соняшнику використовують для виробництва олії, яка широко застосовується в харчовій промисловості та є цінною завдяки високому вмісту ненасичених жирних кислот. Насіння сучасних сортів соняшнику містить до 55% олії та до 16% білку.

Вегетативна зелена маса соняшнику, урожайність якої складає до 600 ц/га, використовується для корму тварин, а залишки сухої маси - як джерело поживних речовин для ґрунтів та сировина для виробництва палетів.

Відходи, одержані при переробці насіння соняшнику (шрот, макуха), є цінним високобілковим кормом для тварин, а лузга – сировиною для виробництва етилового спирту та кормових дріжджів.

На сьогоднішній час особливої цінності набуває використання соняшникового нектару і пилку як сировини для виробництва продукції бджільництва. Адже соняшник, порівняно з іншими рослинами-нектароносами, менш реагує на зниження нектаропродуктивності внаслідок високих температур та низької кількості опадів. В умовах Лісостепу Правобережного основною сировиною для вироблення монофлорного меду є

нектар, виділений соняшником, завдяки чому Україна посідає одне із перших місць на світовому ринку з виробітку меду. У сучасних екологічних умовах посів соняшнику не тільки створює умови для виробництва високопоживних, з лікувальними властивостями продуктів бджільництва, які є наслідком переробки нектару і квіткового пилку цієї рослини, а й забезпечує збереження таких корисних комах як медоносні бджоли, поставляючи їм життєво необхідні продукти живлення.

Використання продукції рослинництва із вмістом важких металів як продовольчої сировини для виготовлення продуктів харчування призводить до накопичення цих токсикантів в тканинах організму людини, викликаючи різні порушення, і як наслідок – виникнення різних захворювань.

Адже доведено, що головною небезпекою накопичення важких металів в організмі людини є зниження захисних функцій та виникнення узв'язку з цим цілої низки негативних змін на клітинному, органному та організменному рівнях у цілому.

Інтенсивність міграції токсикантів в системі ґрунт – рослини – урожай є непостійна, вона змінюється під впливом різних факторів, зокрема ботанічного походження рослин, рівня зволоження ґрунтів, їх мінерального складу, рН ґрунтового середовища, врожайності культур, інтенсивності і тривалості вегетації рослин, технології їх вирощування та ін.

За таких умов можна очікувати різну інтенсивність накопичення токсикантів у рослинницькій продукції, тому виникає потреба в постійному контролі за міграцією важких металів з метою прогнозованого накопичення цих токсикантів в урожаї соняшнику та продуктах його переробки для визначення рівня їх безпеки.

Виходячи з цього, метою даного дослідження було вивчення інтенсивності надходження важких металів з ґрунту в урожай соняшнику та продукти його переробки в умовах сірих лісових ґрунтів у процесі інтенсивного землеробства.

Аналіз інтенсивності забруднення сірого лісового ґрунту в умовах

досліджуваного регіону Лісостепу Правобережного важкими металами (рис. 3.5) показав, що перевищень гранично допустимих концентрацій по Pb, Cd, Zn та Cu не виявлено.

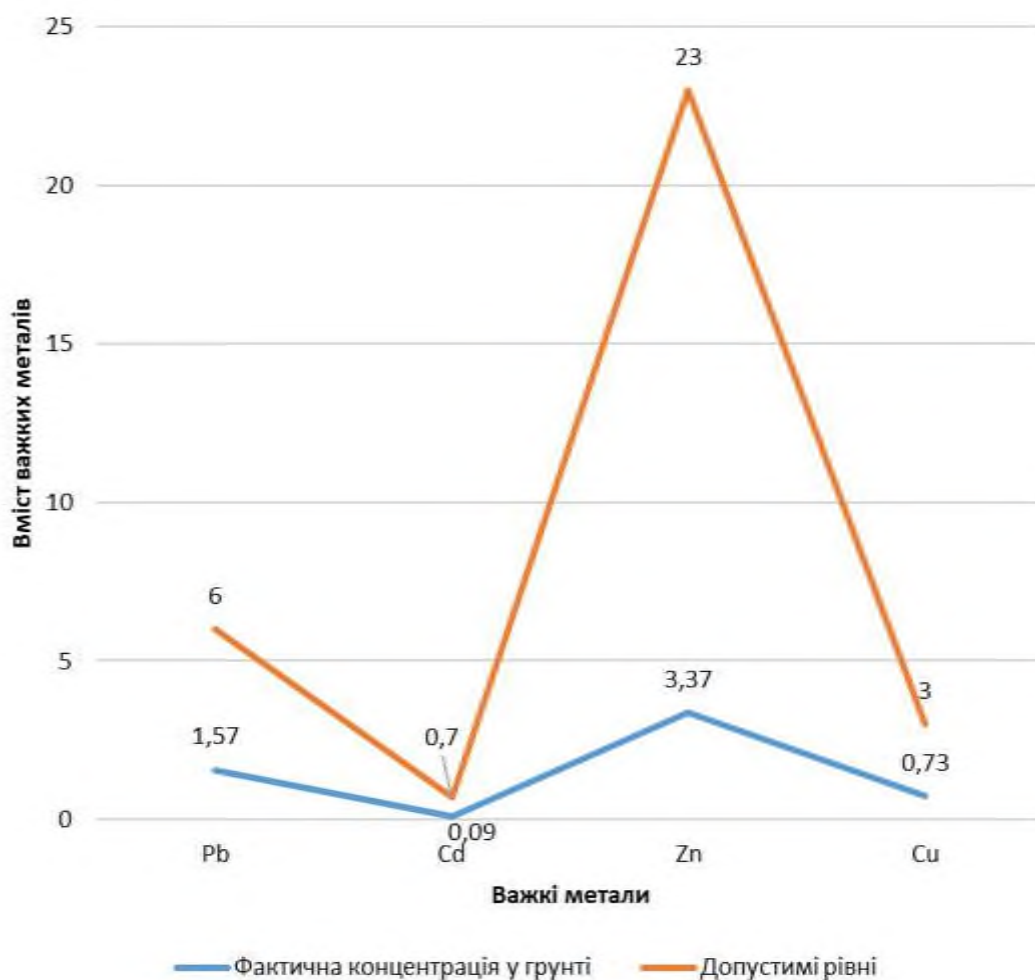


Рисунок 3.5 – Інтенсивність забруднення ґрунтів важкими металами, мг/кг, (середнє за 2022-2024 рр.)

Зокрема вміст Pb, Cd, Zn та Cu у ґрунті був нижчим за гранично допустимі рівні у 3,8 рази, 7,7 рази, 6,8 рази та 4,1 рази відповідно. Однак, контроль за надходженням важких металів в урожай соняшнику за даного забруднення не втрачає актуальності, так як рівень накопичення цих токсикантів у рослинах може бути вищим у декілька десятків разів порівняно з вмістом їх у ґрунті.

Коефіцієнт небезпеки важких металів у сірому лісовому ґрунті (табл. 3.8) не перевищував граничний показник 1,0, що свідчить про безпечний

вміст Pb, Cd, Zn та Cu. Так, у сірому лісовому ґрунті вміст Pb був нижчим у 3,8 рази, Cd - у 8,3 рази, Zn - у 7,1 рази та Cu - у 4,1 рази порівняно з граничним показником 1,0.

Таблиця 3.8

**Коефіцієнт небезпеки в сірому лісовому ґрунті важких металів,
(середнє за 2022-2024 рр.)**

Важкі метали	Фактичний вміст у ґрунті, мг/кг	ДР*	Коефіцієнт небезпеки
Pb	1,57 ±0,23	6,0	0,26
Cd	0,09 ±0,004	0,7	0,12
Zn	3,37 ±0,41	23,0	0,14
Cu	0,73 ±0,03	3,0	0,24

* Примітка: ДР – допустимі рівні

Результати досліджень з вивчення інтенсивності накопичення важких металів вегетативною масою (табл. 3.9) показали перевищення допустимого рівня у стебловій масі Pb у 2,5 рази а Cd - в 1,3 рази та листовій масі Pb, Cd та Cu у 2,8 рази, 2,9 рази і 1,06 рази відповідно. Вміст Zn у стебловій і листовій масі був нижчий за гранично допустимі концентрації у 2,3 рази і 7,4 рази відповідно. Нижчий вміст у 1,41 рази міді за ДР виявлено у стебловій масі соняшнику.

Виявлено, що у листовій масі соняшнику (Додаток Е) вміст Pb ,Cd, та Cu був вищим у 1,12 рази, 2,23 рази та 1,5 рази відповідно, порівняно зі стебловою масою. Вміст Zn, навпаки, був нижчим у листовій масі соняшнику у 3,2 рази порівняно зі стебловою масою.

**Інтенсивність забруднення вегетативної маси гібриду соняшнику
Mas82.А важкими металами, мг/кг (n=4; $M \pm m$),
(середнє за 2022-2024 рр.)**

Важкі метали	Фактичний вміст у вегетативній масі		ДР*
	Стеблова маса	Листкова маса	
Pb	$1.25 \pm 0,22$	$1.4 \pm 0,29$	0.5
Cd	$0.13 \pm 0,018$	$0.29 \pm 0,013$	0.1
Zn	$21.4 \pm 1,43$	$6.7 \pm 1,2$	50
Cu	$7.1 \pm 0,84$	$10.6 \pm 1,1$	10

* Примітка: ДР – допустимі рівні

Найвищий вміст у стебловій масі соняшнику виявлено по Zn, тоді як у листовій – по Cu. Зокрема, вміст у стебловій масі Zn був вищим у 17,1 рази, 164,6 рази та 3,0 рази порівняно з Pb, Cd та Cu відповідно. Вміст Cu у листовій масі був вищим у 7,5 рази, 36,5 рази та 1,6 рази відповідно порівняно з Pb, Cd та Zn. (рис. 3.6).

У зростаючій регресії (рис. 3.6), вміст важких металів у надземній вегетативній масі соняшнику має таку послідовність: $Cd \rightarrow Pb \rightarrow Cu \rightarrow Zn$ тоді, як у листовій: $Cd \rightarrow Pb \rightarrow Zn \rightarrow Cu$.

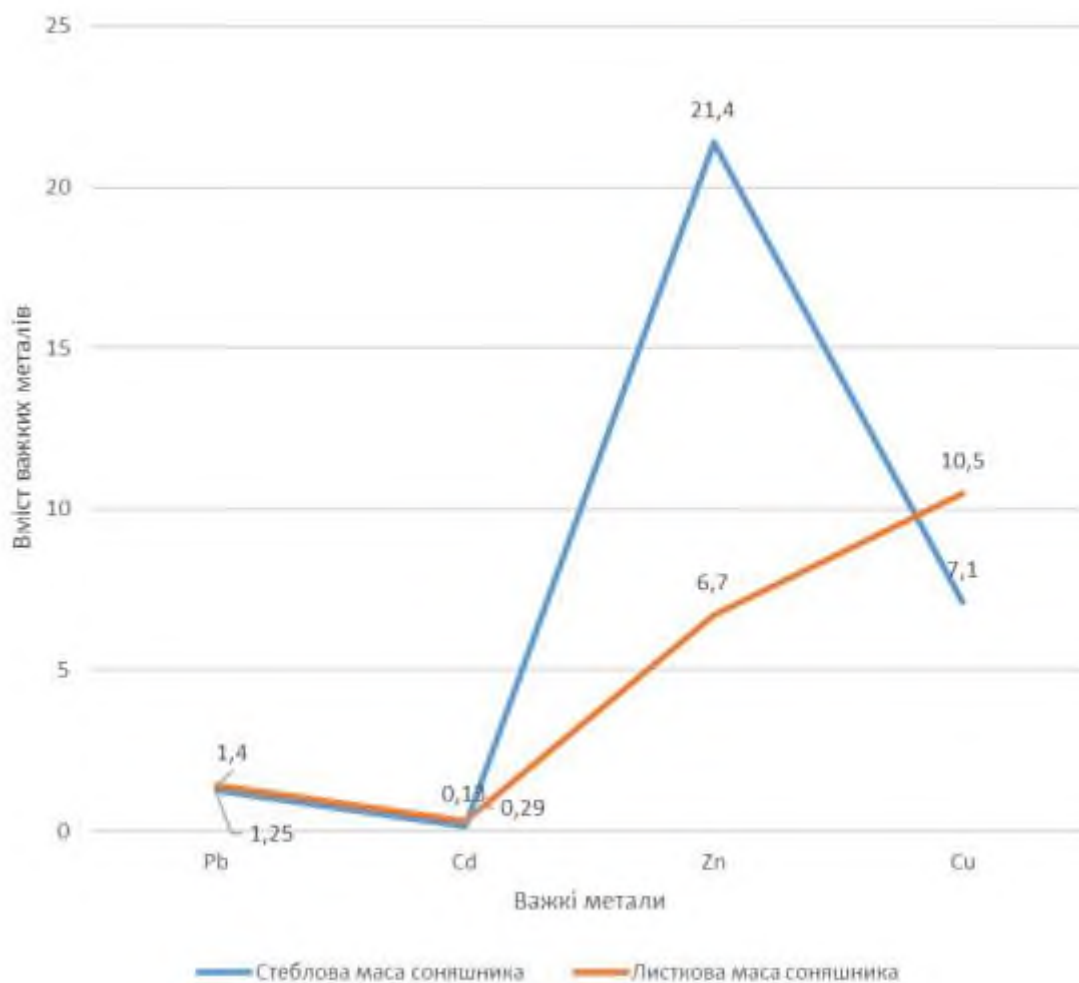


Рисунок 3.6 – Порівняльна оцінка вмісту важких металів у стебловій та листовій масі соняшника, (середнє за 2022-2024 рр.).

Одним із основних показників особливостей переходу токсикантів з ґрунту в рослину є коефіцієнт накопичення, який враховує конкретний вміст токсикантів у ґрунтах та інтенсивність переходу у рослини та їх продукцію.

За нашим результатом досліджень (табл. 3.10) встановлено, що коефіцієнт накопичення у стебловій масі складав по Pb – 0,8, Cd – 1,4, Zn – 6,3, Cu – 9,7, тоді як у листовій масі даний показник був у межах 0,9, 3,2, 1,9 та 14,5 відповідно.

**Коефіцієнт накопичення важких металів вегетативною масою гібриду
соняшнику Mas82.A, (середнє за 2022-2024 рр.)**

Важкі метали	Стеблова маса			Листкова маса		
	Фактична концентрація в ґрунті	Фактична концентрація у стебловій масі	Коефіцієнт накопичення	Фактична концентрація в ґрунті	Фактична концентрація у листовій масі	Коефіцієнт накопичення
Pb	1,57	1,25	0,80	1,57	1,4	0,9
Cd	0,09	0,13	1,4	0,09	0,29	3,2
Zn	3,37	21,4	6,3	3,37	6,7	1,9
Cu	0,73	7,1	9,7	0,73	10,6	14,5

Коефіцієнт накопичення Pb ,Cd, та Cu у листовій масі був вищим у 1,13 рази, 2,29 рази та 1,5 рази відповідно порівняно зі стебловою масою. Коефіцієнт накопичення Zn у листовій масі виявився нижчим у 3,3 рази порівняно зі стебловою масою (рис. 3.7).

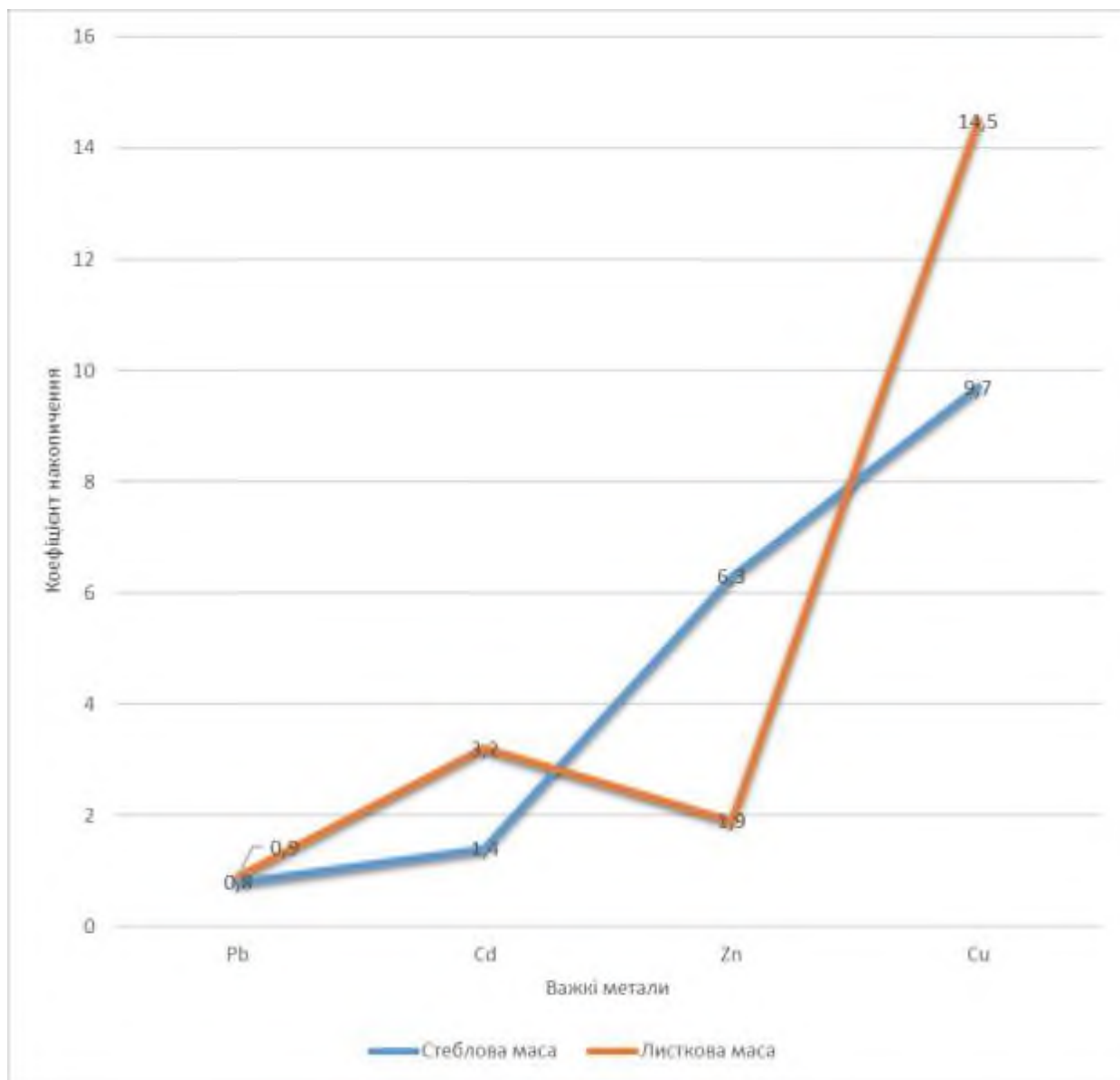


Рисунок 3.7 – Порівняльна оцінка коефіцієнту накопичення важких металів у стебловій та листковій масах гібриду соняшнику Mas82.A (середнє за 2022-2024 рр.)

Аналіз результатів досліджень (табл. 3.11) показав, що коефіцієнт небезпеки Pb, Cd перевищував граничну межу, яка складає 1,0 як у стебловій, так і у листковій масі соняшнику. Коефіцієнт небезпеки міді дещо був вищим у листковій масі соняшнику за граничну межу у 1,06 рази.

Коефіцієнт накопичення важких металів у стебловій масі в зростаючій регресії має таку послідовність: Pb → Cd → Zn → Cu тоді як у листковій масі - Pb → Zn → Cd → Cu.

**Коефіцієнт небезпеки важких металів у вегетативній масі гібриду
соняшнику Mas82.A, (середнє за 2022-2024 рр.)**

Важкі метали	Стеблова маса			Листкова маса		
	ДР*	Фактична концентрація у стебловій масі	Коефіцієнт небезпеки	ДР	Фактична концентрація у листковій масі	Коефіцієнт небезпеки
Pb	0,5	1,25	2,5	0,5	1,4	2,8
Cd	0,1	0,13	1,4	0,1	0,29	2,9
Zn	50	21,4	0,4	50	6,7	0,13
Cu	10	7,1	0,71	10	10,6	1,06

*Примітка: ДР – допустимі рівні

Зокрема коефіцієнт небезпеки у стебловій масі соняшнику був вищим за граничну межу по Pb 2,5 рази, Cd – 1,4 рази, тоді як у листковій масі у 2,8 рази, 2,9 рази. Коефіцієнт небезпеки Cu і Zn був нижчим у 2,5 рази і 1,4 рази у стебловій масі соняшнику порівняно з граничним показником. Коефіцієнт небезпеки у листковій масі соняшнику був нижчим по Zn у 7,7 рази а Cu, навпаки, вищим у 1,06 рази порівняно з граничним показником.

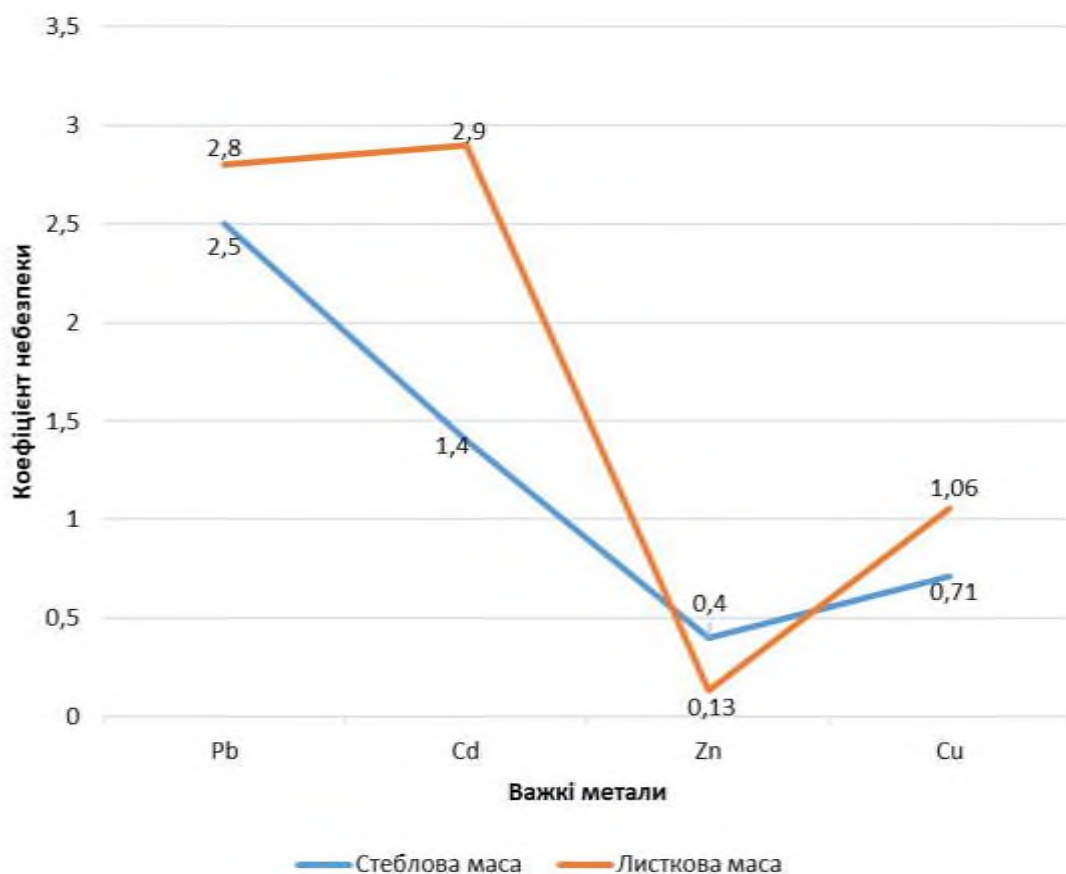


Рисунок 3.8 – Порівняльна оцінка коефіцієнту небезпеки важких металів у стебловій та листовій масах гібриду соняшнику Mas82.A, (середнє за 2022-2024 рр.)

Водночас необхідно зазначити, що коефіцієнт небезпеки у стебловій масі соняшнику був нижчим по Pb, Cd та Cu у 1,12 рази, 2,07 рази та 1,49 рази відповідно порівняно з листовою масою, тоді як по Zn, навпаки, був вищим у 3,07 рази.

За нашими дослідженнями встановлено, що вміст Pb, Cd, Zn та Cu у насінні соняшнику (Додаток Д) був нижчим за ДР у 5,47 рази, 9,0 рази, 8,0 рази та 8,2 рази відповідно. Вміст у насінні соняшнику Pb був вищим у 7,9 рази порівняно з Cd, а Zn - у 4,8 рази порівняно з Cu (табл. 3.12).

У зростаючій регресії вміст важких металів у насінні соняшнику мав таку послідовність: Cd → Pb → Cu → Zn.

**Вміст рухомих форм важких металів у насінні гібриду соняшника
Mas82.A, мг/кг, (n=4; M±m), (середнє за 2022-2024 рр.)**

Важкий метал	Фактичний вміст	ДР*	% ± до ДР
Pb	0,087± 0,004	0,5	-0,413
Cd	0,011± 0,001	0,1	-0,089
Zn	6,10±0,4	50,0	-43,9
Cu	1,25±0,2	10,0	-8,75

*Примітка: ДР – допустимі рівні

За результатами наших досліджень (табл. 3.13) встановлено, що коефіцієнт накопичення у насінні соняшнику Pb був найнижчий порівняно з Cd у 1,76 рази, Cu – у 8,5 рази та Zn – у 8,0 разів. Найвищий коефіцієнт накопичення важких металів у насінні соняшнику спостерігався по Cu.

Таблиця 3.13

**Коефіцієнт накопичення важких металів у насінні гібриду соняшнику
Mas82.A, (середнє за 2022-2024 рр.)**

Важкі метали	Фактичний вміст у ґрунті	Фактичний вміст у насінні	Коефіцієнт накопичення
Pb	1,57 ± 0,4	0,087± 0,004	0,06
Cd	0,09 ± 0,003	0,011± 0,001	0,12
Cu	0,73 ± 0,03	1,25±0,2	0,58
Zn	3,37 ± 0,8	6,10±0,4	0,55

Коефіцієнт небезпеки важких металів у насінні соняшнику (табл. 3.14) не перевищував граничний показник, який складає 1,0, що свідчить про безпечність виробленої продукції. Найнижчий коефіцієнт небезпеки виявлено у насінні соняшнику по Cd. Так, у насінні соняшнику коефіцієнт небезпеки Cd був нижчим порівняно з Pb, Cu та Zn у 1,5 рази, 1,1 рази та 1,1

рази відповідно. Коефіцієнт небезпеки у насінні соняшнику Pb, Cd, Zn та Cu був нижчим за граничний показник (1,0) у 5,8 рази, 9,0 рази, 8,3 рази та 8,3 рази відповідно.

Таблиця 3.14

**Коефіцієнт небезпеки важких металів у насінні гібриду соняшнику
Mas82.A, (середнє за 2022-2024 рр.)**

Важкі метали	Фактичний вміст у насінні	ДР*	Коефіцієнт небезпеки
Pb	0,087± 0,004	0,5	0,17
Cd	0,011± 0,001	0,1	0,11
Cu	1,25±0,2	10	0,12
Zn	6,10±0,4	50	0,12

*Примітка: ДР – допустимі рівні

Фактичний вміст рухомих форм важких металів у шроті (Додаток Г) був нижчим за ДР по Pb – у 11,5 рази, Cd – у 31,2 рази, Cu – у 19,2 рази та Zn – у 17,1 рази (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

**Вміст рухомих форм важких металів у соняшниковому шроті,
гібриду соняшнику Mas82.A, (середнє за 2022-2024 рр.),
мг/кг, (n=4; M±m)**

Важкі метали	Фактичний вміст	ДР*	± до ДР
Pb	0,13	1,5	-1,37
Cd	0,016	0,5	-0,484
Cu	3,63	70,0	-66,3
Zn	8,75	150,0	-141,2

*Примітка: ДР – допустимі рівні

Таким чином встановлено, що незважаючи на те, що вміст важких

металів у соняшниковому шроті істотно зріс порівняно із насінням, зроста і їх гранично-допустима концентрація у шроті, що дає можливість рекомендувати відходи до використання як безпечні.

У соняшниковому шроті коефіцієнт накопичення Pb, Cd, Cu та Zn склав 0,082, 0,17, 4,9 та 2,6 відповідно, так вміст Pb у соняшниковому шроті був нижчим порівняно з Cd у 2,0 рази, Cu у 59,7 рази та Zn у 31,7 рази (табл. 3.16). Найнижчим коефіцієнтом накопичення важких металів у соняшниковому шроті виявився по Pb.

У зростаючій регресії коефіцієнт накопичення важких металів спостерігається у такій послідовності: Pb → Cd → Zn → Cu.

У зростаючій регресії коефіцієнт небезпеки важких металів мав таку послідовність: Cd → Cu → Zn → Pb.

Таблиця 3.16

Коефіцієнт накопичення рухомих форм важких металів соняшниковим шротом, гібриду соняшнику Mas82.A, (середнє за 2022-2024 рр.)

Важкі метали	Фактичний вміст у ґрунті	Фактичний вміст у шроті	Коефіцієнт накопичення
Pb	1,57	0,13 ± 0,04	0,082
Cd	0,09	0,016 ± 0,002	0,17
Cu	0,73	3,63 ± 0,7	4,9
Zn	3,37	8,75 ± 1,2	2,6

Коефіцієнт небезпеки у соняшниковому шроті не перевищував граничний показник 1,0, що вказує на безпечність цих відходів (табл. 3.17). Найнижчий коефіцієнт небезпеки у соняшниковому шроті виявлено по Cd. Зокрема, коефіцієнт небезпеки Cd був нижчим порівняно з Pb у 4,0 рази, Cu - у 205 разів та Zn - у 3,0 рази.

Таблиця 3.17

Коефіцієнт небезпеки рухомих форм важких металів у соняшниковому шроті, гібриду соняшнику Mas82.A, (середнє за 2022-2024 рр.)

Важкі метали	Фактичний вміст у шроті	ДР*	Коефіцієнт небезпеки
Pb	$0,13 \pm 0,04$	1,5	0,08
Cd	$0,016 \pm 0,002$	0,7	0,02
Cu	$3,63 \pm 0,7$	70	0,05
Zn	$8,75 \pm 1,2$	150	0,06

*Примітка: ДР – допустимі рівні

За результатом досліджень (рис. 3.9) виявлено, що відносно насіння соняшнику у шроті найбільше зріс вміст міді – у 2,9 рази, свинцю – у 1,49 рази, кадмію – у 1,45 рази, цинку – у 1,43 рази.

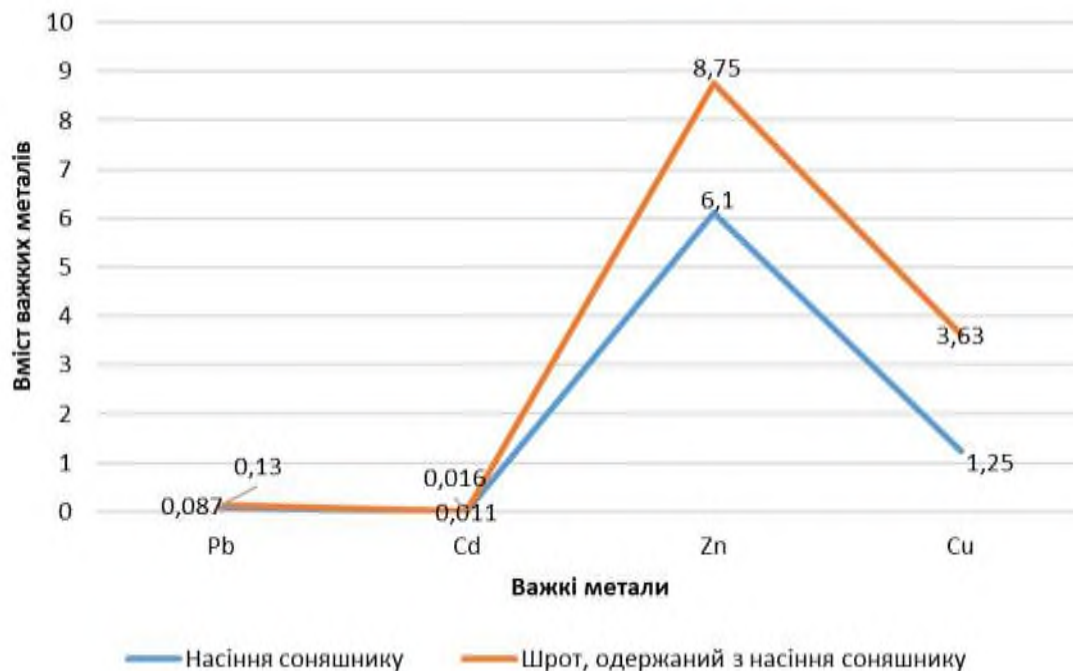


Рисунок 3.9 – Порівняльна оцінка вмісту важких металів у насінні гібриду соняшнику Mas82.A та шроті, (середнє за 2022-2024 рр.)

За результатом досліджень (рис. 3.10), виявлено, що коефіцієнт накопичення у соняшниковому шроті був вищим по Pb у 1,36 раз, Cd – у 1,41

рази, Zn – у 4,7 рази та Cu – у 8,4 рази порівняно з насінням.

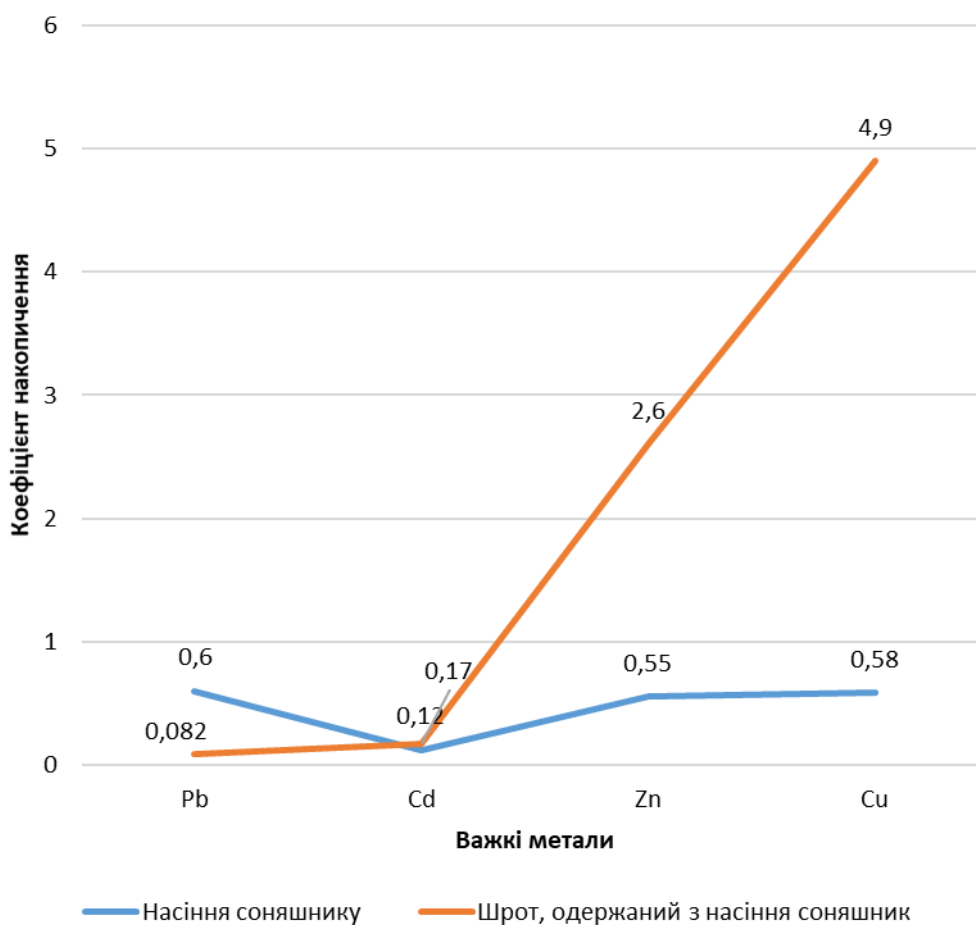


Рисунок 3.10 – Порівняльна оцінка коефіцієнту накопичення важких металів у насінні гібриду соняшнику Mas82.A та шроті (середнє за 2022-2024 рр.)

Характеризуючи коефіцієнт небезпеки (рис. 3.11) важких металів, необхідно зазначити, що даний показник у насінні соняшнику був вищим по Pb у 2,1 рази, Cd – у 5,5 рази, Zn – у 2,0 рази та Cu – у 2,4 рази порівняно зі шротом, одержаним при переробці насіння.

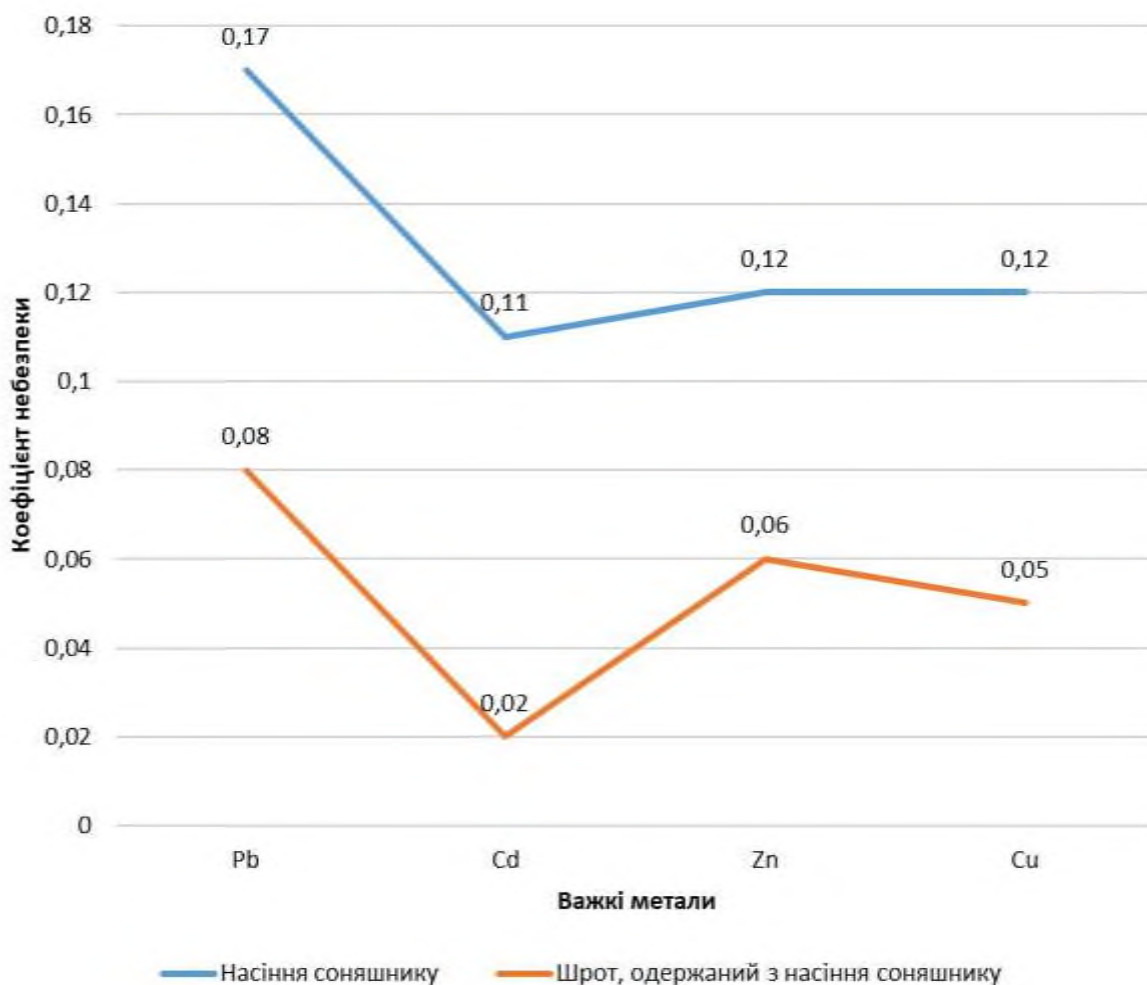


Рисунок 3.11 – Порівняльна оцінка коефіцієнту небезпеки важких металів у насінні гібриду соняшнику Mas82.A та шроті, (середнє за 2022-2024 рр.)

Результати досліджень (табл. 3.18) показали, що вміст Pb, Cd, Zn та Cu у меді, виробленому бджолами з нектару соняшнику, не перевищував допустимі рівні. Вміст Pb, Cd, Zn та Cu був нижчим у 4,16 рази, 3,33 рази, 3,25 рази та 8,0 рази відповідно. Найнижчим вмістом у меді, виробленому бджолами з нектару соняшнику, характеризувався Cd. Так, вміст у соняшниковому меді Cd був нижчим порівняно з Pb, Zn та Cu у 16,0 разів, 20,4 рази та 41,3 рази відповідно.

У зростаючій регресії вміст важких металів у меді був у такій послідовності: Cd → Pb → Cu → Zn.

Таблиця 3.18

**Накопичення важких металів у меді, виробленому з нектару гібриду
соняшнику, Mas82.A, мг/кг (n=4; M±m), (середнє за 2022-2024 рр.)**

Важкі метали	Фактичний вміст	ДР*	± до ДР
Pb	0,24 ± 0,031	1,0	-0,76
Cd	0,015 ± 0,002	0,05	-0,035
Cu	0,62 ± 0,021	5,0	-4,38
Zn	3,07 ± 0,017	10	-6,93

*Примітка: ДР – допустимі рівні

Коефіцієнт накопичення у соняшниковому меді Pb, Cd, Zn та Cu склав 0,15, 0,16, 0,91 та 0,84 відповідно (табл. 3.19). Найнижчий коефіцієнт накопичення у соняшниковому меді виявлено по Pb. Зокрема, коефіцієнт накопичення Pb у соняшниковому меді був нижчим, порівняно з Cd, Zn та Cu у 1,1 рази, 6,0 разів та 5,6 рази відповідно. Коефіцієнт накопичення важких металів у меді, виробленому з нектару соняшнику, в зростаючій регресії мав таку послідовність: Pb → Cd → Cu → Zn.

Таблиця 3.19

**Коефіцієнт накопичення важких металів у меді з нектару гібриду
соняшнику Mas82.A (середнє за 2022-2024 рр.)**

Важкі метали	Фактичний вміст, мг/кг мед	Ґрунт	Коефіцієнт накопичення
Pb	0,24 ± 0,031	1,57	0,15
Cd	0,015 ± 0,002	0,09	0,16
Cu	0,62 ± 0,021	0,73	0,84
Zn	3,07 ± 0,017	3,37	0,91

Коефіцієнт небезпеки важких металів (табл. 3.20) у соняшниковому меді склав по Pb – 0.24, Cd – 0.30, Zn – 0.30 та Cu – 0.12, тобто він не перевищував граничний показник (1,0), що вказує на безпечну продукцію,

одержану при переробці нектару. Найнижчий коефіцієнт небезпеки у меді був по Cu. Так, коефіцієнт небезпеки Cu був нижчим порівняно з Pb, Cd та Zn у 2,0 рази, 2,5 рази та 2,5 рази відповідно.

За результатом досліджень в зростаючій регресії коефіцієнту небезпеки важких металів у соняшниковому меді виявлено таку послідовність: Cu → Pb → Cd → Zn.

Таблиця 3.20

Коефіцієнт небезпеки важких металів у меді, виробленому з нектару гібриду соняшнику, Mas82.A (середнє за 2022-2024 рр.)

Важкі метали	Фактичний вміст, мг/кг	ДР*	Коефіцієнт небезпеки
Pb	0,24 ± 0,031	1,0	0,24
Cd	0,015 ± 0,002	0,05	0,30
Cu	0,62 ± 0,021	5,0	0,12
Zn	3,07 ± 0,017	10	0,30

*Примітка: ДР – допустимі рівні

У продукції переробки квіткового нектару соняшнику (бджолиному обніжжі) виявлено нижчий вміст Pb у 1,75 рази, Cd – у 7,85 рази, Zn – у 1,38 рази та Cu – у 1,47 рази порівняно з допустимими рівнями (табл. 3.21).

Накопичення важких металів у зростаючій регресії у бджолиному обніжжі, виробленому з квітового пилку соняшнику, мала таку послідовність: Cd → Pb → Cu → Zn.

Таблиця 3.21

Накопичення важких металів у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку гібриду соняшнику, Mas82.А, (середнє за 2022-2024рр.)
мг/кг (n=4; M±m)

Важкі метали	Фактичний вміст, мг/кг	ДР*	± до ДР
Pb	0,57 ± 0,03	1,0	-0,43
Cd	0,027 ± 0,004	0,05	-0,023
Cu	3,4 ± 0,2	5,0	-1,6
Zn	7,2 ± 0,9	10	-2,8

**Примітка: ДР – допустимі рівні*

У бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку соняшнику, коефіцієнт накопичення по Pb, Cd, Zn та Cu склав 0,36, 0,30, 2,13 та 4,67 відповідно (табл. 3.22).

Найнижчий коефіцієнт накопичення у бджолиному обніжжі спостерігався по Cd і склав 0,30. Порівняно з Pb, Zn та Cu коефіцієнт Cd був нижчим у 1,2 рази, 7,1 рази та 15,5 рази відповідно.

Коефіцієнт накопичення важких металів у бджолиному обніжжі в зростаючій регресії має таку послідовність: Cd → Pb → Zn → Cu.

Таблиця 3.22

Коефіцієнт накопичення важких металів у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку гібриду соняшнику, Mas82.А, (середнє за 2022-2024рр.)

Важкі метали	Фактичний вміст у бджолиному обніжжі	Фактична концентрація у ґрунті	Коефіцієнт накопичення
Pb	0,57 ± 0,03	1,57	0,36
Cd	0,027 ± 0,004	0,09	0,30
Cu	3,4 ± 0,2	0,73	4,65
Zn	7,2 ± 0,9	3,37	2,13

Аналіз результатів досліджень, відображених в табл. 3.23 свідчить, що коефіцієнт небезпеки важких металів у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку соняшнику, не перевищував граничний показник 1,0. Водночас необхідно зазначити, що коефіцієнт небезпеки Cd у даній продукції був нижчим порівняно з Pb у 1,05 рази, Zn – у 1,33 рази та Cu – у 1,25 рази.

Коефіцієнт небезпеки важких металів у бджолиному обніжжі у зростаючій регресії склав таку послідовність: Cd → Pb → Cu → Zn.

Таблиця 3.23

**Коефіцієнт небезпеки важких металів у бджолиному обніжжі,
виробленому з квіткового пилку гібриду соняшнику, Mas82.A,
(середнє за 2022-2024рр.)**

Важкі метали	Фактичний вміст у бджолиному обніжжі	ДР*	Коефіцієнт небезпеки
Pb	$0,57 \pm 0,03$	1,0	0,57
Cd	$0,027 \pm 0,004$	0,05	0,54
Cu	$3,4 \pm 0,2$	5,0	0,68
Zn	$7,2 \pm 0,9$	10	0,72

*Примітка: ДР – допустимі рівні

Аналіз інтенсивності забруднення важкими металами бджолиного обніжжя, виробленого з квіткового пилку соняшнику, (табл. 3.24) показав, що вміст у цій продукції Pb, Cd, Zn та Cu не перевищує ДР. Однак, вміст у бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку соняшнику, був вищим порівняно з медом, зокрема по Pb – у 2,54 рази, Cd – у 1,9 рази, Zn – у 2,7 рази та Cu – у 5,16 рази. Вміст Pb, Cd, Zn та Cu у бджолиному обніжжі, виробленому з пилку соняшнику, був нижчим порівняно з ГДК у 1,63 рази, 1,72 рази, 1,19 рази та 1,56 рази відповідно. Накопичення важких металів у перзі, виробленій з пилку соняшнику, у зростаючій регресії мав таку послідовність: Cd → Pb → Cu → Zn.

Таблиця 3.24

Накопичення важких металів у перзі, вироблених з квіткового пилку гібриду соняшнику Mas82.A, (середнє за 2022-2024рр.), мг/кг (n=4; M±m)

Важкі метали	Фактичний вміст у перзі	ДР*	± до ДР
Pb	0,61 ± 0,04	1,0	-0,39
Cd	0,029 ± 0,002	0,05	-0,021
Cu	3,2 ± 0,14	5,0	-1,6
Zn	8,4 ± 0,017	10	-1,8

*Примітка: ДР – допустимі рівні

Коефіцієнт накопичення у перзі, вироблених з квіткового пилку соняшнику, (табл. 3.25) склав по Pb – 0,39, Cd – 0,32, Zn – 2,5 та Cu – 4,4. Найнижчий коефіцієнт накопичення у перзі було виявлено по Cd. Так даний показник був нижчим порівняно з Pb, Zn та Cu у 1,2 рази, 7,8 рази та 13,7 рази відповідно. У перзі, вироблених з квіткового пилку соняшнику, вміст важких металів у зростаючій регресії мав таку послідовність: Cd → Pb → Cu → Zn.

Таблиця 3.25

Коефіцієнт накопичення важких металів у перзі, вироблених з квіткового пилку гібриду соняшнику, Mas82.A, (середнє за 2022-2024рр.)

Важкі метали	Фактичний вміст у перзі	Фактичний вміст у ґрунті	Коефіцієнт накопичення
Pb	0,61 ± 0,04	1,57	0,39
Cd	0,029 ± 0,002	0,09	0,32
Cu	3,2 ± 0,14	0,73	2,5
Zn	8,4 ± 0,017	3,37	4,4

Коефіцієнт небезпеки Pb, Cd, Zn та Cu у перзі, вироблених з квіткового пилку соняшнику, (табл. 3.26) відповідно склав 0,61, 0,54, 0,84 та 0,64, тобто перевищення граничного показника (0,1) не виявлено. Найнижчий коефіцієнт

небезпеки у перзі, вироблений з пилку соняшнику, був виявлений по Cd. Так, у перзі коефіцієнт небезпеки Cd був нижчим порівняно з Pb у 1,13 рази, Zn – у 1,37 рази та Cu – у 1,18 рази.

Коефіцієнт небезпеки важких металів у перзі, вироблений з квіткового пилку соняшнику, у зростаючій регресії мав таку послідовність: Cd → Pb → Cu → Zn.

Таблиця 3.26

Коефіцієнт небезпеки важких металів у перзі, вироблений з квіткового пилку гібриду соняшнику, Mas82.A, (середнє за 2022-2024рр.)

Важкі метали	Фактичний вміст у перзі	ДР*	Коефіцієнт небезпеки
Pb	0,61 ± 0,04	1,0	0,61
Cd	0,029 ± 0,002	0,05	0,54
Cu	3,2 ± 0,14	5,0	0,64
Zn	8,4 ± 0,017	10	0,84

*Примітка: ДР – допустимі рівні

За результатом досліджень виявлено (рис. 3.12), що у перзі, вироблений бджолами з квіткового пилку соняшнику, спостерігався вищий вміст Pb на 7,0%, Cd на 7,4% та Zn на 16,6% а Cu, навпаки, нижчий на 5,8% порівняно з бджолиним обніжжям.

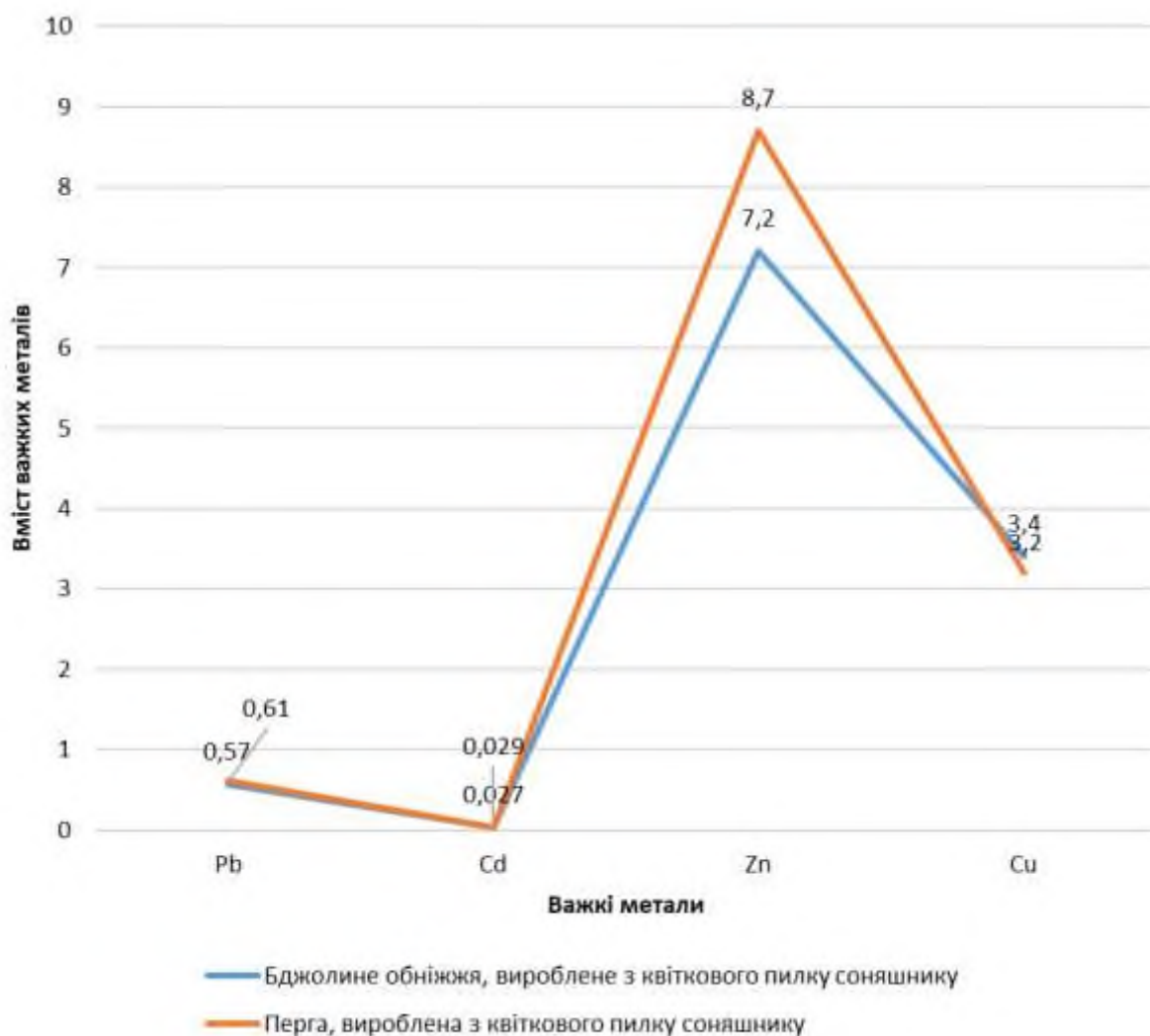


Рисунок 3.12 – Порівняльна оцінка вмісту важких металів у продукції переробки квіткового пилку з гібриду соняшнику Mas82.A, (середнє за 2022-2024 рр.)

Аналіз коефіцієнту накопичення важких металів у продуктах переробки бджолами квіткового пилку соняшнику (рис. 3.13) показав, що у перзі вміст був вищим по Pb на 8,3%, Cd – на 6,6% та Zn – на 17,3% а Cu, навпаки, нижчим на 5,3%, порівняно з бджолиним обніжжям, виробленим з аналогічної сировини.

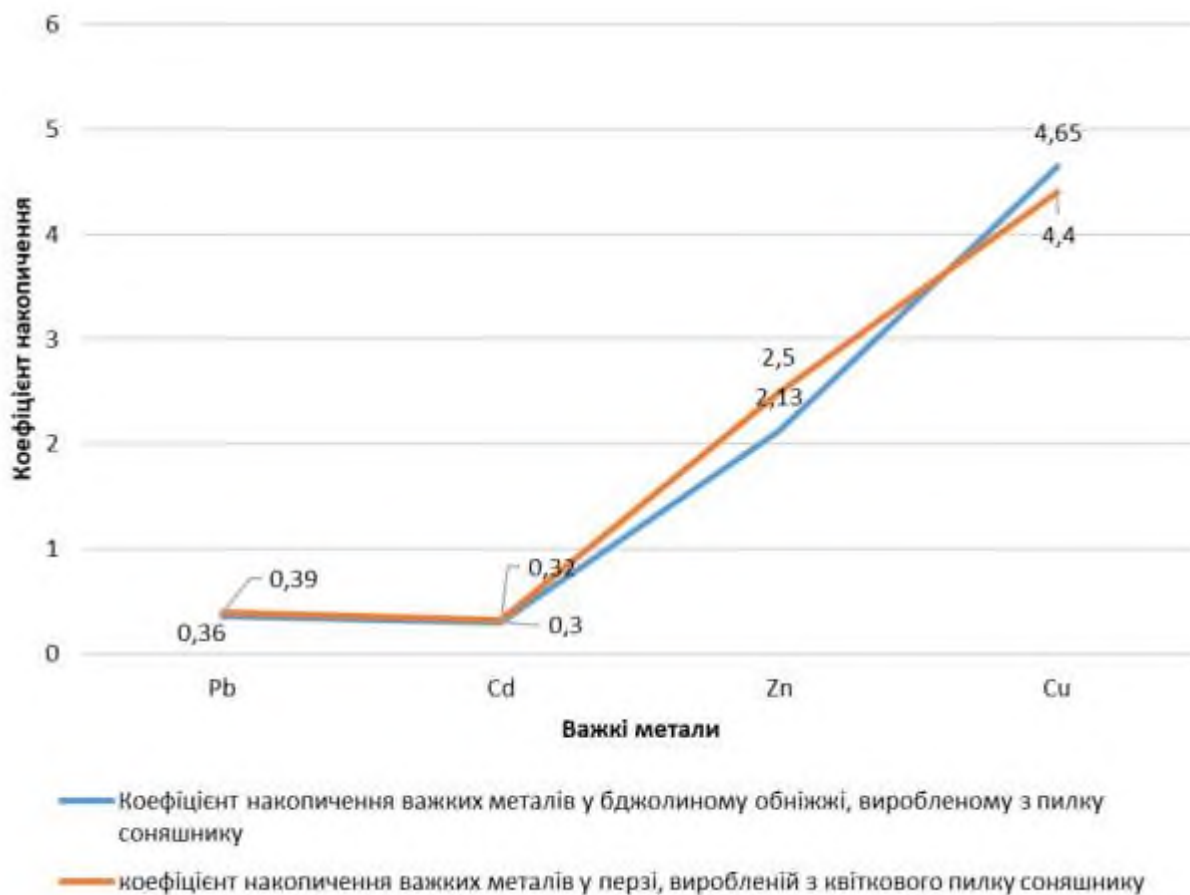


Рисунок 3.13 – Порівняльна оцінка коефіцієнта накопичення важких металів у продуктах переробки квіткового пилку гібриду соняшнику Mas82.A, (середнє за 2022-2024 рр.)

. У перзі, виробленій бджолами з квіткового пилку соняшнику, коефіцієнт небезпеки важких металів, таких як Pb та Zn був вищим на 7,0% і 16,6% відповідно, тоді як по Cu у бджолиному обніжжі та перзі, вироблених з квіткового пилку соняшнику, був на одному і тому ж рівні (рис. 3.14).

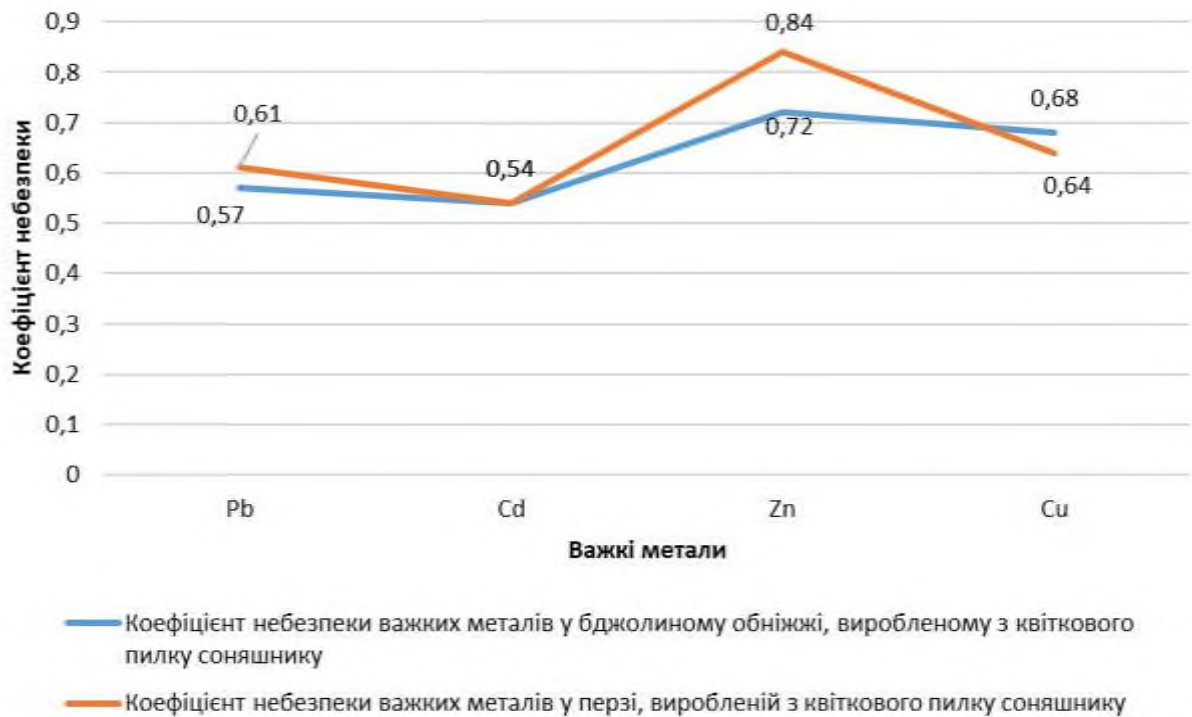


Рисунок 3.14 – Порівняльна оцінка коефіцієнта небезпеки важких металів у продуктах переробки квіткового пилку з гібриду соняшнику Mas82.A, (середнє за 2022-2024рр.)

Вміст нітратів у насінні соняшнику, вирощеному на сірих лісових ґрунтах, становив 32,2 мг/кг. У продуктах переробки насіння соняшнику вміст нітратів був дещо іншим і складав: у фусі – 24,5 мг/кг, що було на 23,9% менше, ніж вміст нітратів у насінні соняшнику, а у шроті – 60,2 мг/кг, що було на 46,5% більше, ніж у насінні соняшнику (табл. 3.27).

Таблиця 3.27.

Вміст нітратів у насінні гібриду соняшнику Mas82.A та продуктах його переробки (середнє за 2022-2024 рр.)

Продукція	Вміст, мг/кг	Значення ДР*, мг/кг
Насіння соняшнику	32,2	300
Фус олії соняшnikової	24,5	200
Шрот соняшниковий	60,2	200

*Примітка: ДР – допустимі рівні

Аналіз коефіцієнта небезпеки нітратів у насінні соняшнику та продуктах його переробки показав, що у всіх трьох видах продукції він був нижчим одиниці, що вказує на безпечність сировини за вмістом нітратів для подальшого використання, у тому числі на харчові та кормові потреби. Зокрема найвищий коефіцієнт небезпеки нітратів був виявлений у шроті – 0,3, у фусі – 0,12, а у насінні соняшнику – 0,11 (рис. 3.15).

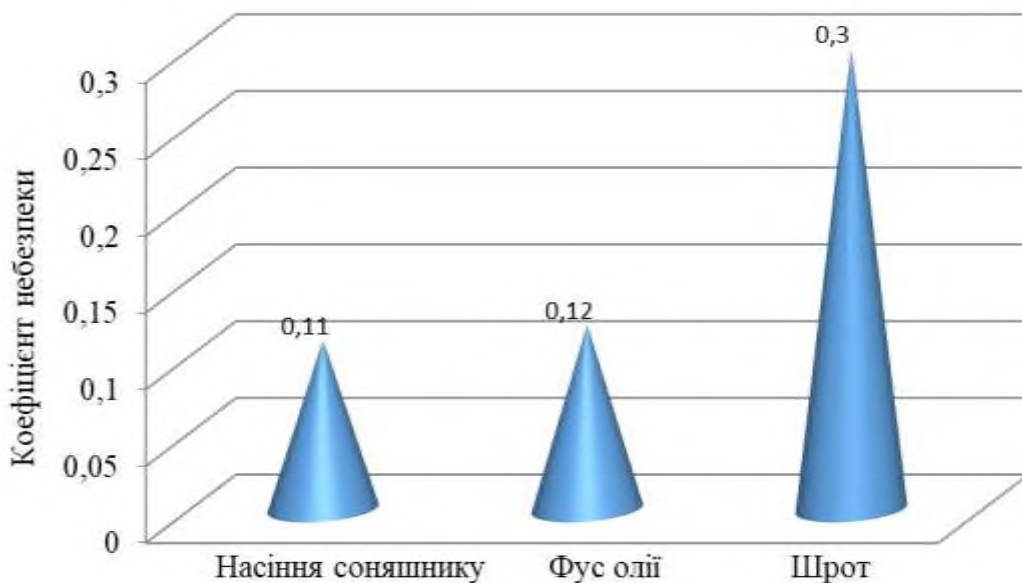


Рисунок 3.15 – Коефіцієнт небезпеки нітратів у насінні гібриду соняшнику Mas82.A та продуктах його переробки (середнє за 2022-2024 рр.)

Таким чином встановлено, що відносно вмісту нітратів у насінні соняшнику, в одержаному з нього фусі вміст нітратів зменшується на 24%, а у шроті – збільшується майже на 47%. Враховуючи нижче значення граничнодопустимої концентрації нітратів у шроті соняшниковому, ніж у його насінні на 33,3%, саме небезпека накопичення нітратів у соняшниковому шроті є вищою, ніж у фусі, за умови підвищення вмісту нітратів у його насінні.

Рослинам є притаманним накопичення з ґрунту у своїй біомасі поживних речовин, у тому числі і шкідливих. Інтенсивність накопичення шкідливих речовин рослинами залежить від цілого ряду факторів, зокрема:

від ботанічного походження рівня забруднення ґрунтів, природно-кліматичних умов, типу ґрунту та ін. Серед світу рослин виділені такі, які володіють високою активністю накопичення токсикантів, що знайшло їх широке застосування в якості фіторемедіантів та використання їх для очищення ґрунтів.

Соняшник володіє накопиченням великої біомаси до якої входить: вегетативна маса, насіння, нектар і квітковий пилок. За таких особливостей соняшнику можна очікувати певного впливу на агроекологічний стан ґрунтів.

Одержані результати досліджень (табл. 3.28) показують, що за урожайності обмолоченої вегетативної маси соняшнику 47 ц/га (у повітряно-сухій масі) з сірого лісового ґрунту виноситься з одного гектару площі 62040 мг – Pb, 1034 мг – Cd, 65800 мг – Zn та 41360 мг – Cu. Найвищий рівень винесення з ґрунту спостерігається по Zn. У порівнянні з Cu, Cd та Pb з ґрунту із вегетативною масою виноситься більше Zn у 1,6 рази, 63,6 рази та 1,06 рази відповідно.

У зростаючій регресії винесення важких металів вегетативною масою соняшнику з ґрунту мало таку послідовність $Cd \rightarrow Cu \rightarrow Pb \rightarrow Zn$.

Таблиця 3.28

**Винесення важких металів з вегетативною масою гібриду
соняшнику Mas82.A, мг/га, (середнє за 2022-2024 рр.)**

Важкі метали	Вміст важких металів у вегетативній масі, мг/кг	Урожайність вегетативної маси, ц/га (повітряно-суха маса)	Винесення з ґрунту важких металів, мг/га
Pb	13,2	47	62040
Cd	0,22	47	1034
Zn	14,0	47	65800
Cu	8,8	47	41360

За врожайності насіння соняшнику 21 ц/га (табл. 3.29) спостерігається

винесення з сірого лісового ґрунту Pb – 182,7 мг/га, Cd – 231 мг/га, Cu – 2625 мг/га та Zn – 12810 мг/га. Найвище винесення з ґрунту з насінням соняшнику спостерігалось по Zn. У порівнянні з Pb, Cd та Cu винесення Zn було вищим у 70,1 рази, 55,4 рази та 4,9 рази відповідно. У зростаючій регресії винесення важких металів насінням соняшнику з ґрунту було в такій послідовності: Pb → Cd → Cu → Zn.

Таблиця 3.29

**Винесення важких металів з ґрунту з насінням гібриду соняшнику
Mas82.А, г/га (середнє за 2022-2024 рр.)**

Важкі метали	Вміст важких металів у насінні соняшнику, мг/кг	Урожайність насіння соняшнику, ц/га	Винесення з ґрунту важких металів, мг/га
Pb	0,087	21	182,7
Cd	0,011	21	231
Zn	1,25	21	2625
Cu	6,1	21	12810

Винесення важких металів (табл. 3.30) нектаром соняшнику (мед) з ґрунту склало по Pb – 2880 мг/га, Cd – 180 мг/га, Cu – 7440 мг/га та Zn – 36840 мг/га. Найвищий рівень винесення з ґрунту важких металів з нектаром соняшнику спостерігався також по Zn.

Так, винесення з нектаром соняшнику з ґрунту Zn було вищим порівняно з Pb у 12,8 рази, Cd – у 204,6 рази та Cu – у 4,9 рази. У зростаючій регресії винесення важких металів з ґрунту спостерігалось в такій послідовності: Cd → Pb → Cu → Zn.

**Винесення важких металів з ґрунту з медом, виробленим з нектару
гібриду соняшника Mas82.А, (середнє за 2022-2024 рр.), мг/га**

Важкі метали	Вміст важких металів в нектарі соняшнику	Медопродуктивність соняшнику, кг/га	Винесення важких металів з нектаром соняшнику, мг/га
Pb	0,24	120	2880
Cd	0,015	120	180
Cu	0,62	120	7440
Zn	3,07	120	36840

Аналізуючи інтенсивність (табл. 3.31) винесення важких металів квітковим пилком соняшнику з сірого лісового ґрунту необхідно зазначити, що з площі одного гектару з цією продукцією видалається Pb – 2565 мг/га, Cd – 1215 мг/га, Cu – 15300 мг/га та Zn – 32400 мг/га. Найвища кількість з квітковим пилком соняшнику виноситься з ґрунту також Zn. У порівнянні з Pb, Cd та Cu з квітковим пилком соняшнику виноситься з ґрунту більше Zn у 12,6 разів, 266 рази та 2,1 рази відповідно. У зростаючій регресії винесення важких металів з ґрунту квітковим пилком спостерігається така послідовність: Cd → Pb → Cu → Zn.

Таблиця 3.31

**Винесення важких металів з ґрунту з квітковим пилком гібриду
соняшника Mas82.А, (середнє за 2022-2024 рр.), мг/га**

Важкі метали	Вміст важких металів у квітковому пилку соняшнику	Пилкова продуктивність соняшнику, кг/га	Винесення важких металів з ґрунту квітковим пилком соняшнику
Pb	0,57	45	2565
Cd	0,027	45	121,5
Zn	7,2	45	32400
Cu	3,4	45	15300

Аналізуючи валове винесення продукцією соняшнику (вегетативна

маса, насіння, квітковий пилок, нектар) з сірого лісового ґрунту (рис. 3.16) важких металів, необхідно зазначити, що даний показник склав по Pb – 11,83 г/га, Cd – 1,56 г/га, Zn – 108,2 г/га та Cu – 106,3 г/га.

У зростаючій регресії валового винесення обмінних форм важких металів з сірого лісового ґрунту продукцією соняшнику спостерігалась така послідовність: Cd → Pb → Cu → Zn.

За результатом досліджень виявлено, що у процесі вирощування соняшнику найвищий рівень винесення важких металів з сірого лісового ґрунту спостерігається з вегетативною масою. Зокрема винесення з сірого лісового ґрунту (із розрахунку на 1 га) важких металів у процесі вирощування соняшнику з вегетативною масою по Pb, Cd, Zn та Cu було вищим порівняно з насінням у 339 рази, 4,4 рази, 25 разів та 3,2 рази, нектаром у 21,5 рази, 5,4 рази, 1,8 рази та 5,5 рази та пилом у 24,2 рази, 8,5 рази, 2,0 рази та 2,7 рази відповідно.

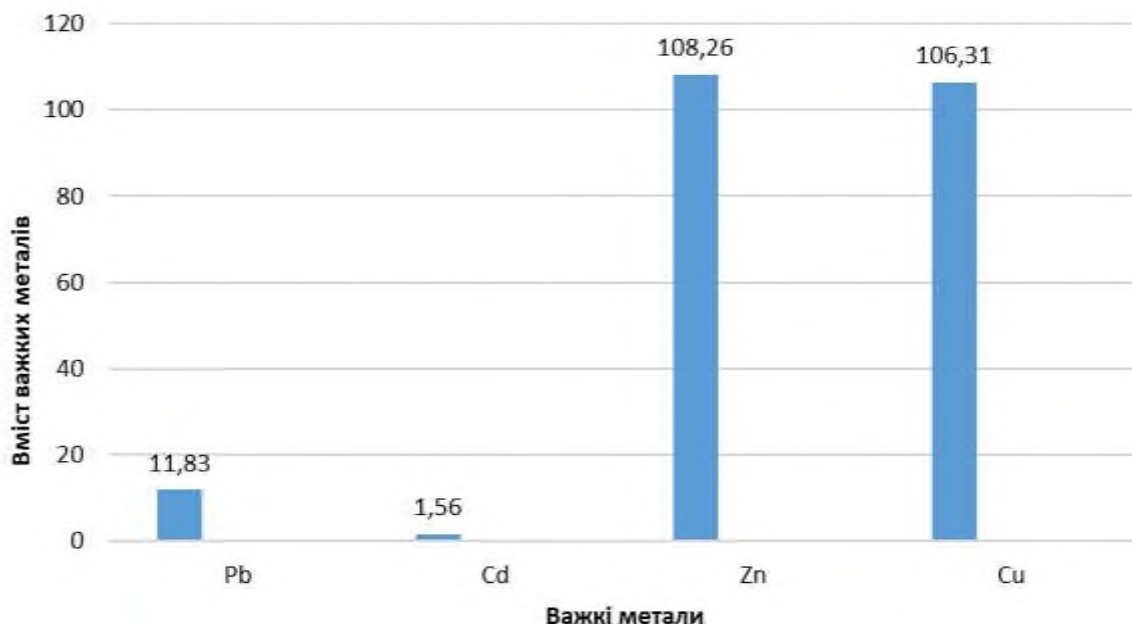


Рисунок 3.16 – Валове винесення важких металів з продукцією гібриду соняшнику Mas82.A (вегетативна маса, насіння, квітковий пилок, нектар), (середнє за 2022-2024 рр.), г/га

У результаті наших досліджень виявлено (табл. 3.32), що рівень

винесення з ґрунту важких металів у процесі вирощування соняшнику був вищим порівняно з надходженням їх з мінеральними добривами.

Так, у результаті вирощування соняшнику рівень винесення важких металів був вищим по Pb у 8,5 разів, Cd – у 7,9 разів, Zn – у 13,6 разів та Cu – у 41,9 рази.

Отже, з одержаних результатів досліджень виявлено, що серед продукції, яку одержано у результаті вирощування соняшнику (вегетативна маса, насіння, нектар, пилок) найвищий рівень винесення з ґрунту Pb, Cd, Zn та Cu спостерігався по вегетативній масі. Серед досліджуваних елементів найбільше виноситься з продукцією соняшнику Zn.

Таблиця 3.32

Надходження та винесення важких металів з ґрунтів за вирощування гібриду соняшнику Mas82.A (середнє за 2022-2024 рр.)

Важкі метали	Надходження у ґрунт з (N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅) добривом		Винесення з ґрунту з:			Разом по продукції
	За мінімального вмісту важких металів в добриві	За максимального вмісту важких металів в добриві	насінням	Квітковим пилом (бджолине обніжжя)	Нектаром (мед)	
Pb	148,5	657	182,7	2565	2880	5627,7
Cd	9,07	66,6	231	121,5	180	532,5
Zn	1941	6039	12810	32400	36840	82050
Cu	159,7	604,5	2625	15300	7440	25365

Водночас, необхідно зазначити, що винесення рухомих форм важких металів з продуктами, виробленими соняшником, є вищим до 8,5 разів по Pb, 7,9 рази – по Cd, 13,6 рази – по Zn та 41,9 рази – по Cu порівняно із

занесенням даних речовин з мінеральним добривом ($N_{45}P_{45}K_{45}$).

Отже, за результатом проведених досліджень виявлено певний вміст Pb, Cd, Zn та Cu у продукції, виробленій соняшником, вирощеним на сірих лісових ґрунтах в умовах Лісостепу Правобережного. Зокрема, з'ясовано, що не зважаючи на те, що в сірому лісовому ґрунті вміст Pb, Cd, Zn та Cu не перевищував допустимі рівні, які складають відповідно 6,0 мг/кг, 0,7 мг/кг, 23 мг/кг та 3,0 мг/кг, виявлено перевищення ДР по Pb і Cd у його вегетативній масі. Водночас необхідно зазначити, що в одержаному насінні соняшнику, шроті, меді, виробленому з нектару соняшнику, бджолиному обніжжі та перзі, виробленій з пилку соняшнику, перевищень ДР не спостерігалось.

У листовій масі соняшнику виявлено вищий коефіцієнт накопичення Pb, Cd та Cu, а по Zn нижчий порівняно зі стебловою масою соняшнику.

У шроті, одержаному внаслідок переробки насіння соняшнику, спостерігався високий коефіцієнт накопичення Pb, Cd, Zn та Cu порівняно з насінням.

Виявлено також вищий коефіцієнт накопичення Pb, Cd та Zn у перзі, одержаній з пилку соняшнику, а по Cu нижчий порівняно з бджолиним обніжжям, виробленим із даної продукції.

Встановлена чітка тенденція вмісту важких металів у зростаючій регресії у продукції соняшнику та у продуктах її переробки у такій послідовності: $Cd \rightarrow Pb \rightarrow Cu \rightarrow Zn$.

З удобренням сірого лісового ґрунту $N_{45}P_{45}K_{45}$ вміст нітратів у насінні соняшнику не перевищував ДР. Поряд з цим необхідно зазначити, що у продуктах переробки насіння соняшнику (відходи) – фузі та шроті – вміст нітратів був вищим на 24% і 47% відповідно порівняно з насінням.

3.3. Вплив різного виду мінеральних добрив та десикації посіви соняшнику на якість виробленої продукції

Сучасне землеробство характеризується високим техногенним

навантаженням на ґрунти сільськогосподарських угідь внаслідок інтенсифікації та хімізації рослинництва.

Високий рівень хімізації при вирощуванні соняшнику підвищує врожайність даної культури, поряд з цим спостерігається зростання техногенного навантаження на ґрунти, що може тою чи іншою мірою впливати на якість виробленої продукції, забруднюючи її різними токсикантами, зокрема важкими металами, нітратами, залишками гербіцидів та ін. За останні декілька десятиліть практикується десикація посівів соняшнику, що також є додатковим техногенним навантаженням на ґрунти. За таких умов існує потреба у постійному контролі за надходженням цих речовин в системі ґрунт → рослинницька продукція для прогнозованого контролю за якістю та безпекою даної продукції.

Беручи до уваги, що у кожному мінеральному добриві, яке використовувалося найбільш активно в умовах проведення досліджень, вміст Pb, Cd, Zn та Cu різний, це явище потребує більш глибокого вивчення впливу даного фактору на накопичення цих речовин у насінні соняшнику, а також у дослідженні його урожайності (табл. 3.33).

Таблиця 3.33

**Урожайність насіння гібриду соняшнику Mas82.A за різного
удобрення ґрунтів, (середнє за 2022-2024 рр.), т/га**

Варіанти удобрення	Урожайність соняшнику			
	2022	2023	2024	Разом за 2022-2024 роки
Без удобрення	1,96	1,80	1,72	1,82
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	3,23	3,17	3,0	3,13
N ₉₀ (аміачна селітра)	2,47	2,52	2,44	2,47
P ₉₀ (суперфосфат подвійний)	2,23	2,0	1,91	2,04
K ₉₀ (калій хлористий)	2,3	2,2	2,09	2,19

Урожайність насіння соняшнику з (табл. 3.33) залежала як від комплексного ($N_{90}P_{90}K_{90}$) удобрення ґрунтів, так і від кожного окремо взятого мінерального добрива N_{90} ; P_{90} ; K_{90} .

Так, урожайність насіння соняшнику з удобренням ґрунтів $N_{90}P_{90}K_{90}$ була вища на 71,9% рази порівняно з варіантом без удобрення. У варіантах окремо взятих N_{90} , P_{90} та K_{90} урожайність насіння соняшнику була вища порівняно з варіантом без удобрення на 35,7%, 12% та 20,3% відповідно.

Аналізуючи вміст у ґрунтах важких металів (рис. 3.17), необхідно зазначити, що концентрація Cd, Zn та Cu була нижча за ГДК у 1,07 рази, 1,1 рази та 1,1 рази відповідно, тобто перевищень по вмісту цих важких металів у ґрунтах у зоні проведення досліджень не виявлено, однак ґрунт характеризувався досить високим вмістом цих елементів і був наближений до ГДК.

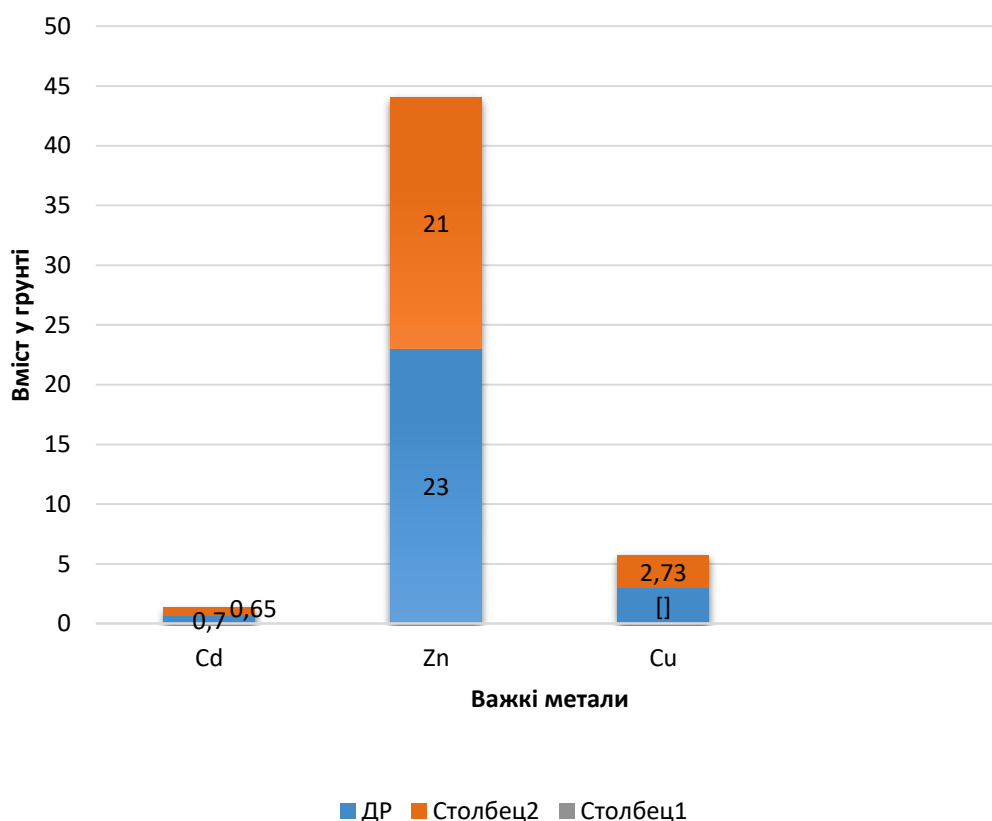


Рисунок 3.17 – Вміст у сірому лісовому ґрунті важких металів, мг/кг, (середнє за 2022-2024 рр.)

Удобрення ґрунтів мінеральними добривами (табл. 3.34) певною мірою вплинули на накопичення Cd, Zn та Cu у насінні соняшнику, кількість яких перевищувала ДР.

**Вплив мінерального удобрення на інтенсивність накопичення важких металів у насінні гібриду
соняшнику Mas82.A, (середнє за 2022-2024 рр.), мг/кг (n=4; M±m)**

Варіанти удобрення	Важкі метали					
	Cu		Zn		Cd	
	Фактичний вміст	ДР*	Фактичний вміст	ДР	Фактичний вміст	ДР
Без удобрення	12,6±0,83	10	191,5±2,4	50	0,25±0,034	0,1
Аміачна селітра, 90	13,7±0,47	10	198,7±3,1	50	0,32±0,031***	0,1
Суперфосфат подвійний, 90	13,3±0,74	10	199,2±4,1	50	0,45±0,024***	0,1
Калій хлористий, 90	12,5±0,62	10	194,3±3,2	50	0,48±0,027***	0,1
Комплексне удобрення N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	14.1±1.2	10	198.3±2.8	50	0.42±0.018***	0,1

*Примітка: ДР – допустимі рівні; *** - 0,001

Так, у насінні соняшнику у результаті удобрення сірого лісового ґрунту аміачною селітрою (N_{90}) спостерігалось підвищення Cu на 8,0%, Zn – на 4,0% та Cd – на 28%, суперфосфату подвійного (P_{90}) – Cu зниження на 2,4% і підвищення Zn та Cd на 4,0% і 80% відповідно, калію хлористого (K_{90}) – Zn на 1,4% і Cd на 92% та внаслідок комплексного удобрення (аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий $N_{90}P_{90}K_{90}$) підвищення Cu на 12,0%, Zn на 3,5% та Cd на 68,0% порівняно з варіантом без удобрення.

У зростаючій регресії вмісту важких металів у насінні з використанням різного удобрення ґрунтів спостерігається така послідовність по Cu – суперфосфат простий → калій хлористий → аміачна селітра → суміш NPK добрив, по Zn – калій хлористий → суміш NPK добрив → аміачна селітра → суперфосфат подвійний, по Cd – аміачна селітра → суміш NPK добрив → суперфосфат подвійний → калій хлористий (рис. 3.18).

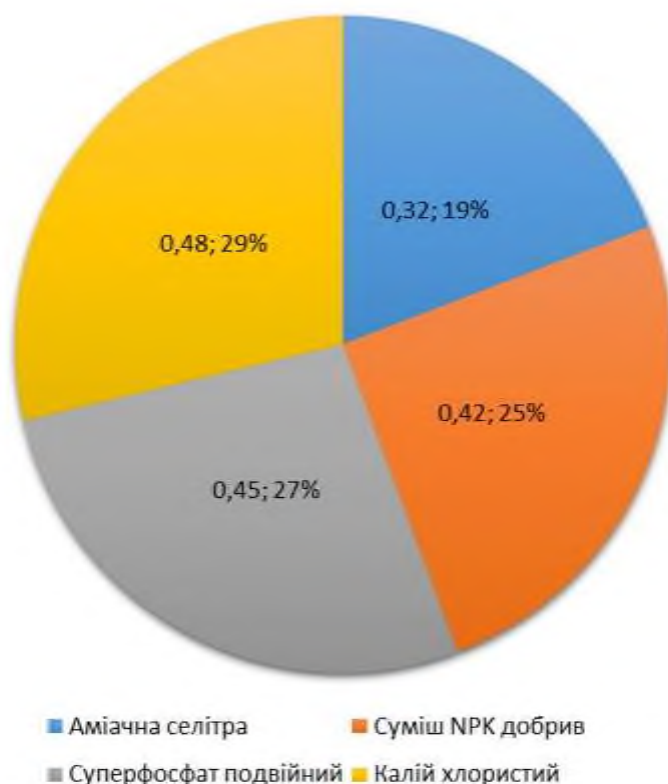


Рисунок 3.18 – Послідовність зростання інтенсивності накопичення Cd насінням гібриду соняшнику Mas82.A у результаті різного мінерального удобрення, (середнє за 2022-2024 рр.)

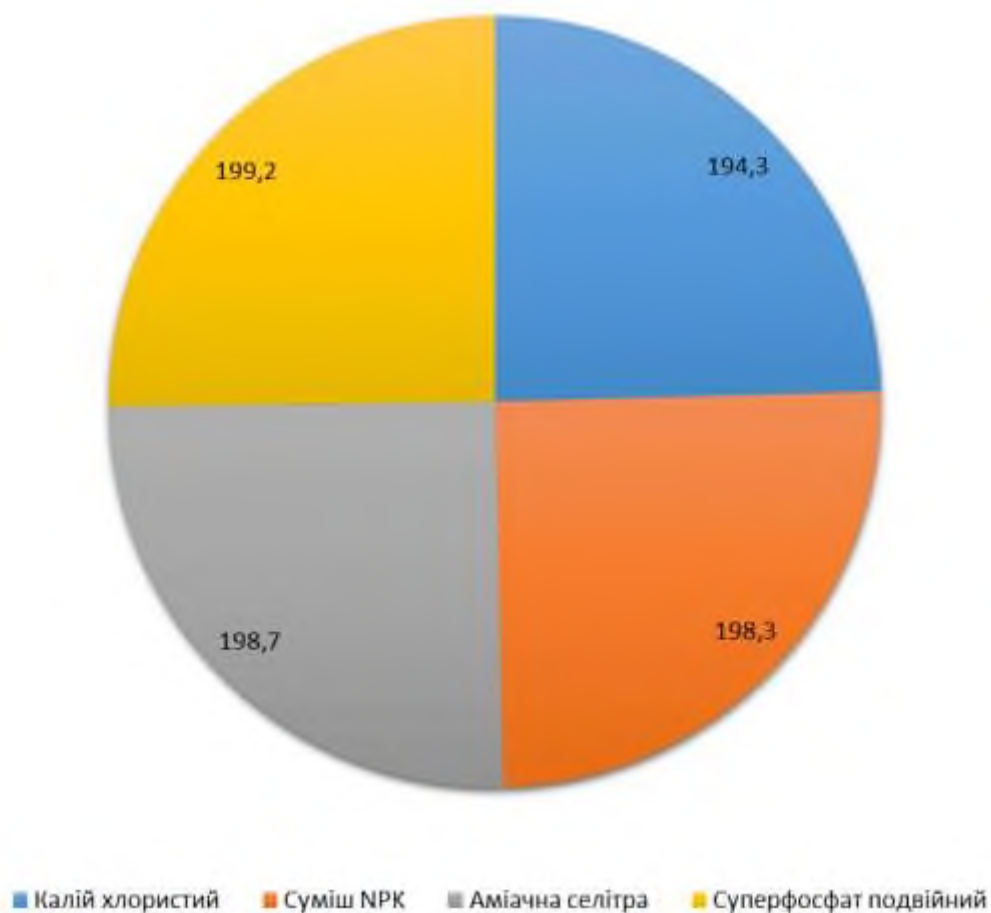


Рисунок 3.19 – Послідовність зростання інтенсивності накопичення Zn насінням гібриду соняшнику Mas82.A у результаті різного мінерального удобрення, (середнє за 2022-2024 рр.)

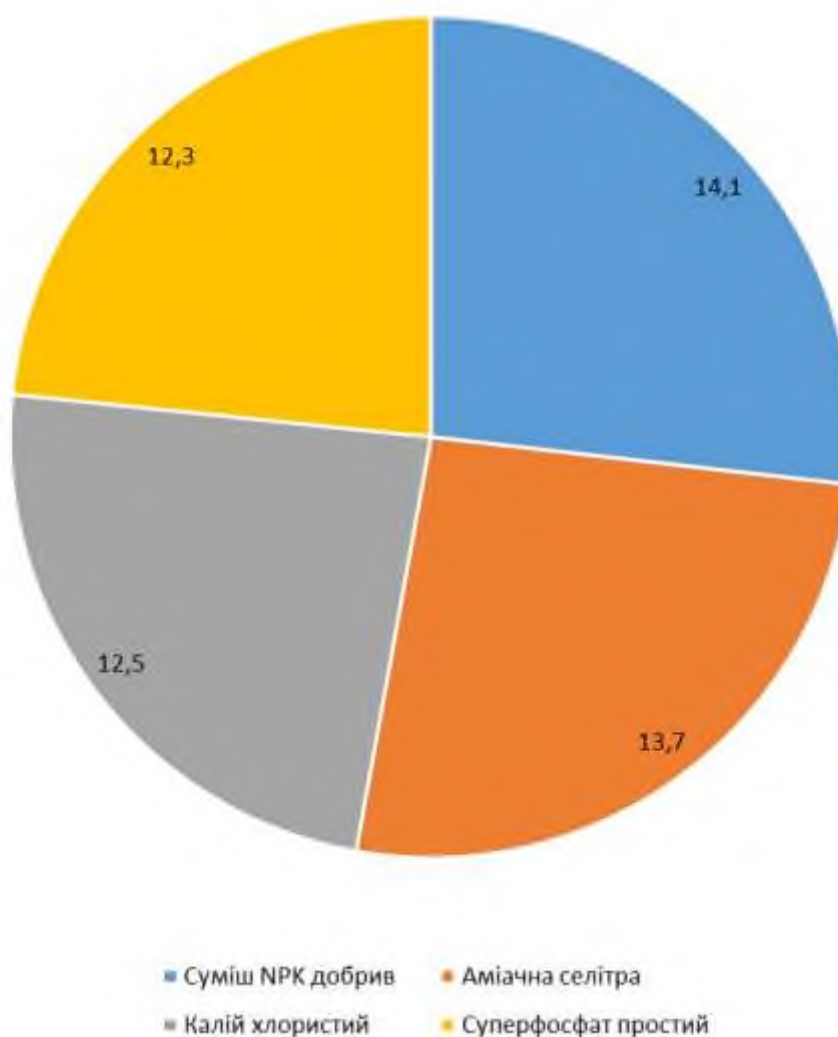


Рисунок 3.20 – Послідовність зростання інтенсивності накопичення Си насінням гібриду соняшнику Mas82.A у результаті різного удобрення, (середнє за 2022-2024 рр.)

За результатом дослідження (табл. 3.35) встановлено, що удобрення сірого лісового ґрунту певною мірою вплинуло на коефіцієнт накопичення Cu, Zn та Cd у насінні. Зокрема унаслідок удобрення аміачною селітрою та в результаті комплексного удобрення коефіцієнт накопичення Си зріс на 8,6% та 13,0%, тоді як за суперфосфату подвійного та калію хлористого, навпаки, знизився на 4,3% та 43,3% відповідно. Коефіцієнт накопичення Zn у насінні соняшнику підвищився внаслідок удобрення аміачною селітрою на 3,3%,

**Коефіцієнт накопичення важких металів насінням гібриду соняшнику Mas82.A за мінерального
удобрення ґрунтів (n=4; $M \pm m$), (середнє за 2022-2024 рр.)**

Варіанти удобрення	Cu			Zn			Cd		
	Фактичний вміст у ґрунті	Фактичний вміст у насінні	$K_{\text{нак.}}$ *	Фактичний вміст у ґрунті	Фактичний вміст у насінні	$K_{\text{нак.}}$	Фактичний вміст у ґрунті	Фактичний вміст у насінні	$K_{\text{нак.}}$
Без удобрення	2,75±0,42	12,6±0,83	4,6	21±1,8	191,5±2,4	9,1	0,65±0,03	0,25±0,034	0,38
Аміачна селітра, 90	2,73±0,42	13,7±0,47	5,0	21±1,8	198,7±3,1	9,4	0,65±0,03	0,32±0,031	0,49***
Суперфосфат подвійний, 90	2,73±0,42	12,3±0,74	4,4	21±1,8	199,2±4,1	9,5	0,65±0,03	0,45±0,024	0,69***
Калій хлористий, 90	2,73±0,42	12,5±0,62	2,6	21±1,8	194,3±3,2	9,2	0,65±0,03	0,48±0,027	0,73***
Комплексне удобрення $N_{90}P_{90}K_{90}$	2,73±0,42	14,1±1,2	5,2	21±1,8	198,3±2,8	9,4	0,65±0,03	0,42±0,018	0,63***

*Примітка: $K_{\text{нак}}$ – коефіцієнт накопичення

суперфосфатом подвійним – на 4,4%, калієм хлористим – на 1,0% та у результаті комплексного удобрення на 3,3% порівняно з варіантом без удобрення. Коефіцієнт накопичення Cd у насінні соняшнику зріс з удобренням аміачною селітрою на 28,9%, суперфосфатом подвійним на 81,5%, калієм хлористим на 92,1% та внаслідок комплексного удобрення на 65,7% порівняно з контролем.

Різниця, статистично вірогідна ($P < 0,001$), спостерігалася лише по коефіцієнту накопичення у насінні соняшнику Cd. Найвищий коефіцієнт накопичення в насінні соняшнику Cu, який складав 5,2, спостерігався у результаті комплексного удобрення. Так, коефіцієнт накопичення Cu у насінні соняшнику у результаті комплексного удобрення сірого лісового ґрунту був вищим порівняно з удобренням аміачною селітрою, суперфосфатом подвійним та калієм хлористим на 4,0%, 18,1% та 2,0 рази відповідно. Коефіцієнт накопичення в насінні соняшнику Zn з удобренням суперфосфатом подвійним, аміачною селітрою, калієм хлористим та у результаті комплексного удобрення $N_{90}P_{90}K$ суттєво не відрізнявся. З удобренням ґрунтів калієм хлористим коефіцієнт накопичення у насінні соняшнику Cd виявився вищим порівняно з аміачною селітрою на 48,9%, суперфосфатом подвійним - на 5,8% та у результаті комплексного удобрення - на 15,8%.

У зростаючій регресії коефіцієнта накопичення важких металів насінням соняшнику спостерігається така послідовність: по Cu – калій хлористий → суперфосфат простий → аміачна селітра → комплексне удобрення NPK; по Zn – калій хлористий → аміачна селітра → комплексне удобрення → суперфосфат простий; по Cd – аміачна селітра → комплексне удобрення → суперфосфат подвійний → калій хлористий.

В останні декілька десятиріч спостерігаються зміни в природному середовищі, у тому числі і в умовах Правобережного Лісостепу, головним із яких є підвищення температури навколишнього середовища та зменшення опадів, що помітно відобразилось на галузі рослинництва. Зокрема

підвищення температури навколишнього середовища створило умови в правобережному Лісостепі для вирощування в польовій сівозміні у великих обсягах соняшнику, якому до суттєвих змін природно-кліматичних факторів було притаманне культивування в межах південних територій нашої країни.

Обмежена кількість культур у сучасній сівозміні, яка може нараховувати 3-5 культур, вимагає вчасного періоду збору урожаю соняшнику для підготовки поля та висівання озимих культур. За таких умов на практиці, за потреби, застосовують десикацію посівів соняшнику.

У зв'язку з цим виникла потреба за контролем впливу цього заходу на якість продовольчого насіння соняшнику. У даному варіанті був використаний для десикації соняшнику пестицид «Гліфосат».

За результатом досліджень виявлено, що десикація посівів соняшнику мала прямий вплив на накопичення гліфосату в насінні соняшнику (рис. 3.21).

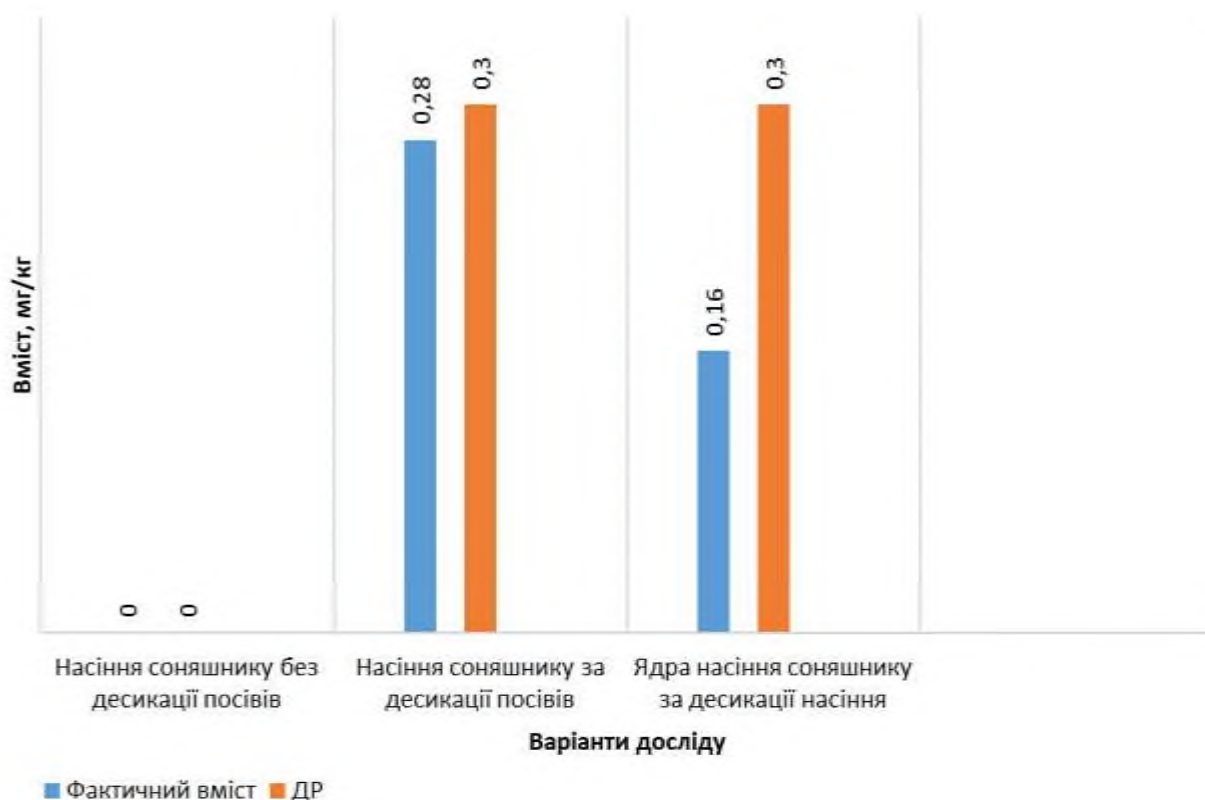


Рисунок 3.21 – Вміст гліфосату у насінні гібриду соняшнику Mas82.А внаслідок десикації посівів, (середнє за 2022-2024 рр.)

У зразках насіння соняшнику, посіви якого не підлягали десикації, гліфосату не виявлено (Додаток Ж), тоді як у зразках з використанням десикації вміст його складав 0,28 мг/кг. Порівняно з максимально допустимим рівнем фактичний вміст гліфосату був нижчий лише на 6,6%. Ядра насіння соняшнику при цьому містили 0,16 мг/кг гліфосату. Різниця між вмістом гліфосату у насінні та його ядрами складала 0,12 мг/кг. Тобто вміст гліфосату у насінні без лушпиння (ядра) був нижчий на 42,8% порівняно з цілісним насінням.

Отже, з одержаного результату досліджень виявлено, що мінеральне удобрення ґрунтів та десикація посівів соняшнику сприяє накопиченню в насінні даної культури Pb, Cd, Zn та Cu, а також нітратів та гліфосату.

Встановлено, що при комплексному удобренні ($N_{90}P_{90}K_{90}$) сірих лісових ґрунтів, так і окремо взятого кожного N_{90} , P_{90} , K_{90} , спостерігалось перевищення ДР по Cu, Zn та Cd у насінні соняшнику. Виявлено також, що у варіантах удобрення ґрунтів як за комплексного $N_{90}P_{90}K_{90}$, так і окремо взятого кожного мінерального добрива був вищий коефіцієнт накопичення Cu, Zn та Cd у насінні соняшнику. Найвища різниця при цьому між варіантами удобрення ґрунтів та варіантом без удобрення їх виявлено по коефіцієнту накопичення Cd у насінні соняшнику. Коефіцієнт накопичення важких металів у насінні соняшнику залежав від мінерального добрива. Так, найвищий коефіцієнт накопичення Cd у насінні соняшнику спостерігався внаслідок удобрення ґрунту калієм хлористим (K_{90}), Zn – з використанням суперфосфату подвійного (P_{90}) та Cu – з аміачною селітрою (N_{90}).

Виявлено залишки гліфосату після десикації соняшнику як у насінні, так і в його ядрах, при цьому різниця 0,12 мг/кг або 42,8%.

Обговорення результатів досліджень

В умовах інтенсивного землеробства потужним джерелом надходження до ґрунтів важких металів є мінеральні добрива, обсяги використання яких за останні декілька десятиріч стрімко зросли.

Практика показує, що ефективної заміни мінеральним добривам в

повному обсязі іншими засобами стимулювання урожайності немає. Тому можна припустити, що інтенсивність надходження важких металів до ґрунтів буде посилюватися.

В останньому десятиріччі потужність надходження важких металів до ґрунтів різко підвищилась внаслідок воєнних дій.

Накопичення в ґрунтах сільськогосподарських угідь важких металів, які перебувають в обмінній формі, є найвищою небезпекою і проблемою в сучасному землеробстві.

Хоча стрімкого підвищення обмінних форм важких металів у ґрунтах польової сівозміни не спостерігається, через високе винесення їх з урожаєм у результаті фітореMediaції проблема техногенного навантаження на сільськогосподарські угіддя не знижується, оскільки наслідком цього є підвищення небезпеки продукції рослинництва, яка займає важливе місце у продовольчій сфері.

Накопичення у продовольчій сировині важких металів призводить до накопичення їх у продуктах харчування, інколи в досить великих кількостях. Продукти харчування беруть активну участь у накопиченні важких металів в організмі людини.

За різними джерелами виявлено, що в середньому азотні добрива містять: Pb – 2,0 мг/кг, Cd – 0,05 мг/кг, Zn – 0,6 мг/кг та Cu – 1,0 мг/кг; фосфорні добрива: Pb – 4,4 мг/кг, Cd – 0,8 мг/кг, Zn – 36 мг/кг та Cu – 12,3 мг/кг та калійні добрива: Pb – 3,0 мг/кг, Cd – 3,0 мг/кг, Zn – 8,3 мг/кг та Cu – 1,0 мг/кг.

За результатом наших досліджень встановлено, що при удобренні ґрунтів $N_{45}P_{45}K_{45}$ у процесі вирощування соняшнику потрапляє в ґрунтове середовище 4089,5 мг/га – Pb, 5708,0 мг/га – Cd, тоді як внаслідок удобрення $N_{90}P_{45}K_{45}$ надходження цих елементів підвищилося на 7,9%, 0,3%; $N_{45}P_{90}K_{45}$ на 85%, 61,5%; $N_{45}P_{45}K_{90}$ на 6,9%, 18,4% та $N_{90}P_{90}K_{90}$ на 200% і 200% відповідно. Найвищий рівень надходження важких металів у сірий лісовий ґрунт спостерігався за умови підвищення у два рази у різних варіантах

досліді суперфосфату подвійного.

За результатом аналізу літературних першоджерел виявлено, що рослини беруть активну участь у колообігу хімічних речовин, зокрема і токсичних.

Перебуваючи в обмінній формі, токсиканти, зокрема важкі метали, надходять трофічним ланцюгом, мігрують в рослини, концентруючись в їх тканинах, а в подальшому і в продукції.

У процесі відмирання рослин частина важких металів, яка перебувала у вегетативній масі, повернулась знову в ґрунтове середовище, переважно у верхній його горизонт. Під час переорювання ґрунтів важкі метали перерозподіляються в його орному прошарку. По суті, рослини проводять перерозподіл важких металів у ґрунті, підіймаючи їх з більш глибоких прошарків у верхній, який переорюється.

У процесі колообігу частина важких металів виноситься з ґрунтів з урожаєм. Інтенсивність винесення важких металів з ґрунтів рослинами коливається у високих межах, що залежить від виду рослин, їх урожайності, типу ґрунтів, рівня їх зволоження та ін.

Результати наших досліджень показали, що в урожаї соняшнику може накопичуватись в декілька разів більше важких металів порівняно з наявністю їх в ґрунті із розрахунку на одиницю маси.

Зокрема виявлено, що за умов вмісту у сірому лісовому ґрунті Pb – 1,57 мг/кг, Cd – 0,09 мг/кг, Zn – 3,37 мг/кг та Cu – 0,73 мг/кг спостерігалось накопичення вегетативною масою соняшнику 1,32 мг/кг – Pb, 0,21 мг/кг – Cd, 14,05 мг/кг – Zn та 8,08 мг/кг – Cu.

Тобто, виявлено вищий вміст Cd, Zn та Cu у вегетативній масі соняшнику порівняно з ґрунтом у 2,3 рази, 4,1 рази та 12,0 рази відповідно.

У насінні соняшнику вміст Pb та Cd був нижчим порівняно із вмістом цих речовин у ґрунті у 18 разів, 8,1 разів, тоді як Zn та Cu вищим у 1,8 рази та 1,7 рази відповідно. У соняшниковому шроті вміст Pb та Cd порівняно з ґрунтом, на якому була вирощена дана культура, був нижчим у 12 разів та 5,6

разів відповідно, тоді як вміст Zn та Cu у цій продукції був вищим у 1,07 рази і 11,9 рази відповідно. У виробленому з нектару соняшнику медові вміст Pb, Cd, Zn та Cu був нижчим порівняно з концентрацією цих елементів у сірому лісовому ґрунті у 6,5 рази, 6,0 рази, 1,1 рази та 1,09 рази відповідно.

У бджолиному обніжжі, виробленому з квіткового пилку соняшнику, вміст Pb був нижчим порівняно з концентрацією цього елементу в сірому лісовому ґрунті у 2,7 рази, Cd – у 3,3 рази, а Zn та Cu вищим у 4,6 рази і 2,1 рази відповідно.

Тобто, в урожаї соняшнику та продуктах переробки його насіння, нектару і квіткового пилку спостерігався вищий вміст Zn та Cu і нижчий по Pb та Cd порівняно з аналогічною масою сірого лісового ґрунту, на якому вирощували дану культуру.

Поряд із забрудненням ґрунтів важкими металами внаслідок їх мінерального удобрення спостерігається накопичення нітратного азоту, інколи у високих кількостях, що створює певну небезпеку як для ґрунту, так і для виробленої рослинницької продукції.

За результатом наших досліджень виявлено, що вирощування на сірих лісових ґрунтах за умови мінерального їх удобрення N45P45K45, перевищень ДР по нітратах, які складають 300 мг/кг, не спостерігалось. Зокрема вміст нітратів був нижчим за ДР у насінні соняшнику у 9,3 рази, соняшниковому шроті – у 3,3 рази та фусі олії – у 8,1 рази. Найвищий вміст нітратів спостерігався у шроті соняшниковому, порівняно менше у 1,86 рази і 2,45 рази у насінні і фусі олії соняшнику.

Вирощування соняшнику в умовах Лісостепу Правобережного, зокрема на території Вінниччини, при сучасній сівозміні, потребує прискореного звільнення посівів площ під озимі культури. З цією метою використовують гербіциди, які пришвидшують висихання вегетативної маси та дають можливість раніше зібрати урожай.

Однією з діючих речовин є гліфосат, який входить до складу гербіцидів. Обробка посівів соняшнику гербіцидом супроводжується

нанесенням його безпосередньо на рослини: листову, стеблову масу та суцвіття (кошик). У результаті цього даний токсикант потрапляє на саме насіння, що може впливати певною мірою на його якість.

3.4. Еколого-економічна ефективність

Техногенне навантаження на ґрунти сільськогосподарських угідь призвело до накопичення в них різноманітних хімічних речовин, частина із яких є токсичними. Серед низки токсичних елементів помітне місце посідають важкі метали, частина з яких, зокрема Zn і Cu, є вкрай необхідними у живленні рослин та формуванні урожаю, однак у високих концентраціях ці речовини є небезпечними як для рослин, так і для людини.

Важкі метали в ґрунти потрапляють з атмосферними опадами, пестицидами, мінеральними добривами, викидами автомобільного транспорту та промисловості.

Таблиця 3.36

Винесення з урожаєм гібриду соняшнику Mas82.А важких металів з сірого лісового ґрунту, (середнє за 2022-2024 рр.), мг/га

Продукція	Важкі метали			
	Pb	Cd	Zn	Cu
Вегетативна маса	62040	1034	65800	41360
Насіння	182,7	231	12810	2625
Нектар	2880	180	36840	82050
Квітковий пилок	2565	121,5	32400	15300
Разом з продукцією	67667,7	1566,5	147850	141335

Кількість важких металів в ґрунтах може переважати можливості їх самоочищення, що є небезпечним як для самих ґрунтів, так і для виробленої

продукції. Тому контроль за їх міграцією у ґрунті та очищення його є важливим заходом у сучасному землеробстві.

Важливим екологічно ефективним способом очищення ґрунтів від важких металів є фіторемедіація. Суть фіторемедіації полягає у накопиченні токсикантів рослинами та винесення їх з ґрунту.

За нашими результатами досліджень встановлено, що соняшник володіє досить високим рівнем накопичення важких металів. Зокрема з урожаєм соняшнику (вегетативна маса, насіння, нектар, квітковий пилок) із розрахунку на 1 га площі виноситься з ґрунту 67667.7 мг – Pb, 1566,5 мг – Cd, 147850 мг – Zn та 141335 мг – Cu.

Екологічну ефективність вирощування соняшнику на сірих лісових ґрунтах визначали з використанням таких показників, як: урожайність (ц/га), ціна однієї тони насіння (грн), виручка від реалізації насіння (грн), прибуток (грн) та рівень рентабельності (%). Реалізаційна ціна насіння соняшнику формувалась переважно за рівнем олійності. Вартість мінеральних добрив залежала від його виду, зокрема вона складала по аміачній селітрі 31 000 грн/т, суперфосфату подвійного – 30 000 грн/т та калію хлористого – 40 800 грн/т. Прибуток від реалізації насіння соняшнику визначали за формулою:

$$\Pi = \text{Виручка від реалізації (грн)} - \text{Вироблені витрати (грн)}.$$

Рівень рентабельності визначали за формулою:

$$\text{Рівень рентабельності} = \frac{\text{Прибуток}}{\text{Виробничі витрати}} \times 100.$$

Аналіз економічної ефективності вирощування соняшнику (табл. 3.37) показав, що даний показник залежав як від кількості внесених добрив, так і від їх видового складу. Зокрема, на одну витратну гривню у варіанті удобрення ґрунту (N₄₅P₄₅K₄₅) одержано 1,30 грн., (N₉₀P₄₅K₄₅) – 1,58 грн., (N₄₅P₉₀K₄₅) – 1,35 грн., (N₄₅P₄₅K₉₀) – 1,35 грн. та (N₉₀P₉₀K₉₀) – 1,84 грн. у варіанті удобрення сірого лісового ґрунту (N₄₅P₄₅K₄₅) рівень рентабельності склав 130%, (N₉₀P₄₅K₄₅) – 158,5%, (N₄₅P₉₀K₄₅) – 135,8%, (N₄₅P₄₅K₉₀) – 135,2%, (N₉₀P₉₀K₉₀) – 184,2%.

**Економічна ефективність виробництва насіння гібриду соняшнику Mas82.А у результаті різного
удобрення, (середнє за 2022-2024 рр.)**

Показники	Варіанти удобрення ґрунту				
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₉₀ P ₄₅ K ₄₅	N ₄₅ P ₉₀ K ₄₅	N ₄₅ P ₄₅ K ₉₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Урожайність, т/га	2,2	2,65	2,33	2,43	3,53
Реалізаційна ціна, грн/т	2 400	24 000	24 700	24 700	25 000
Виручка від реалізації, грн/т	50 600	63 600	57 551	60 021	88 250
Виробничі витрати, грн	22 000	24 596	24 400	25 520	31 050
Прибуток, грн	28 600	39 004	33 151	34 501	57 200
Рівень рентабельності, %	130,0	158,5	135,8	135,2	184,2

Список використаних джерел до розділу 3

1. Gutsol G.V., Mazur O.V. Soil contamination with heavy metals and remediation measures. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2023. Вип. 132. С.35-47. DOI:<https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.5>
2. Hutsol H., Mazur O. Інтенсивність накопичення важких металів насінням та шротом соняшнику. *Вісник Львівського національного університету природокористування «Агрономія»*. 2023. № 27. С. 41-45. DOI: <https://doi.org/10.31734/agronomy2023.27>
3. Tkachuk O., Gucol G., Mazur O., Verhelis V., Titarenko O. Ecological safety of sunflower seeds in the conditions of agricultural intensification. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27 (1). P. 71-79. (Scopus). https://sciencehorizon.com.ua/web/uploads/pdf/Scientific%20Horizons_%202024_Vol.%2027,%20No.1-71-79.pdf
4. Гуцол Г.В., Мазур О.В. Вирощування олійних культур та інтенсивність накопичення важких металів у ґрунтах за їх мінерального удобрення в умовах Вінниччини. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 1 (24). С. 217-226. DOI: 10.37128/2707-5826
5. Гуцол Г.В., Мазур О.В. Вміст нітратів у насінні соняшнику та продуктах його переробки при вирощуванні на сірих лісових ґрунтах. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2 (29). С.125-135. DOI:10.37128/2707-5826-2023-2-11
6. Гуцол Г.В., Мазур О.В. Ріст та розвиток соняшнику залежно від удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 1 (32). С.62-75. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-1-6>
7. Мазур О.В. Інтенсивність накопичення важких металів вегетативною масою соняшнику на сірих лісових ґрунтах в умовах Лісостепу Правобережного. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 136. Ч. 2. С. 294-299. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.2.36>

ВИСНОВКИ

1. Удобрення ґрунтів мінеральними добривами підвищило тривалість дозрівання насіння соняшнику гібрид Mas82.A з використанням $N_{90}P_{90}K_{45}$ на 3 доби, $N_{45}P_{45}K_{90}$ - на 4 доби, $N_{45}P_{45}K_{45}$ - на 5 діб та $N_{90}P_{45}K_{45}$ - на 10 діб. Найвищу польову схожість насіння соняшнику було виявлено у результаті удобрення ґрунтів $N_{45}P_{90}K_{45}$, $N_{45}P_{45}K_{90}$, а найменшу - у варіанті без удобрення.

Урожайність соняшнику Mas82.A склала внаслідок удобрення сірих лісових ґрунтів $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 2,20 т/га, $N_{90}P_{45}K_{45}$ – 2,76 т/га, $N_{45}P_{90}K_{45}$ – 2,33 т/га, $N_{45}P_{45}K_{90}$ – 2,43 т/га та $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 3,33 т/га.

2. Мінеральне удобренням сірого лісового ґрунту за вирощування соняшнику $N_{90}P_{90}K_{90}$ супроводжується накопиченням: Pb – від 4189,5 мг/га до 8379 мг/кг, Cd – від 5708,4 мг/га до 11416,8 мг/кг, Zn – від 6993 мг/га до 13986 мг/кг та Cu – від 3510 мг/га до 7020 мг/кг.

3. При вирощуванні соняшнику на сірому лісовому ґрунті із вмістом Pb – 1,57 мг/кг, Cd – 0,09 мг/кг, Zn – 3,37 мг/кг і Cu – 0,73 мг/кг та його удобренні ($N_{45}P_{45}K_{45}$) спостерігалось перевищення ДР у стебловій масі по Pb – у 2,5 рази, Cd – у 1,3 рази, а в листовій масі Pb – у 2,8 рази, Cd – 2,9 рази, Cu – 1,06 рази, тоді як у насінні, соняшниковому шроті, меді і бджолиному обніжжі, вироблених з нектару і квіткового пилку цієї культури, перевищень ДР не виявлено.

4. Найвищий коефіцієнт накопичення у вегетативній масі соняшнику, у насінні, шроті і бджолиному обніжжі виявлено по Cu, тоді як в меді – по Zn. У зростаючій регресії коефіцієнт накопичення важких металів у стебловій масі соняшнику мав таку послідовність: $Cu \rightarrow Zn \rightarrow Cd \rightarrow Pb$, у листовій: $Cu \rightarrow Cd \rightarrow Zn \rightarrow Pb$, насінні: $Cu \rightarrow Zn \rightarrow Cd \rightarrow Pb$, меді: $Zn \rightarrow Cu \rightarrow Cd \rightarrow Pb$ та бджолиному обніжжі: $Cu \rightarrow Zn \rightarrow Pb \rightarrow Cd$.

5. Валове винесення з урожаєм соняшнику (насіння, нектар, квітковий пилок) складає по Pb – 5627,7 мг/га, Cd – 532,5 мг/га, Zn –

82050 мг/га та Cu – 25365 мг/га. Найвищий рівень винесення з сірого лісового ґрунту важких металів з урожаєм соняшнику (насіння, нектар, пилок) спостерігалось по Zn. Порівняно з Pb, Cd та Cu з ґрунту виноситься з урожаєм соняшнику більше Zn у 14,5 рази, 154,0 та 3,2 рази відповідно.

6. За удобренням ґрунтів ($N_{45}P_{45}K_{45}$) при вирощуванні соняшнику вміст NO_3 складав у насінні 32,2 мг/кг при ДР – 300 мг/кг, в залишках очищення олії (фус) – 24,5 при ДР – 200 мг/кг та в шроті соняшниковому 60,2 мг/кг при ДР 200 мг/кг.

7. За результатом досліджень встановлено, що удобрення ґрунтів калієм хлористим (K_{90}) врожайність соняшнику підвищилась на 20,3%, суперфосфатом подвійним (P_{90}) – на 12,0%, аміачною селітрою – 35,7% та їх сумішшю ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – на 71,9% порівняно з варіантом без удобрення.

8. Удобрення мінеральними добривами сірих лісових ґрунтів з вмістом Cd, Zn та Cu відповідно 0,65 мг/кг, 21 мг/кг та 2,73 мг/кг сприяло підвищенню накопичення у насінні соняшнику у варіантах N_{90} на 28%, Cd – 4,0%, Zn та Cu на 8,0%; P_{90} – Cd на 80%, Zn на 4,0% та зниження Cu на 2,4%; K_{90} : Cd – 92,0% та Zn на 1,4% та ($N_{90}P_{90}K_{90}$) на 68,0%, 3,5% та 12,0% порівняно з варіантом без удобрення.

9. За десикації посівів соняшнику виявлено гліфосату 0,28 мг/кг у насінні та 0,19 мг/кг у його ядрах, що було нижче ДР на 6,9% та на 46,6% відповідно.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою зниження техногенного навантаження на сірий лісовий ґрунт в умовах інтенсивного землеробства Лісостепу Правобережного та підвищення якості урожаю соняшнику і продуктів його переробки рекомендуємо:

- використовувати тільки ранньостиглі сорти та гібриди соняшнику із застосуванням ранніх строків посіву;
- віддати перевагу мінеральному удобренню ґрунтів за співвідношення азоту, фосфору і калію 2:1:1 ($N_{90}P_{45}K_{45}$);
- використовувати мінеральні добрива, з мінімальним вмістом Pb і Cd;
- проводити постійний контроль за вмістом Pb і Cd, NO_3 та гліфосату в урожаї соняшнику та продуктах його переробки;
- за необхідності зниження в ґрунтів важких металів проводити оптимізоване обмеження використання калійних і фосфорних добрив та видаляти надземну вегетативну масу соняшнику з сільськогосподарських угідь з подальшим її захороненням.

ДОДАТКИ

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за спеціальністю 201 Агрономія

Мазур Ольга Вікторівна

№ п/п	Назва	Назва видання та його вихідні відомості, що дозволяють ідентифікувати та відрізнити це видання від інших	Кількість друкованих сторінок/ друк. арк.)	Співавтори
1	2	3	4	5
Стаття в іноземному науковому фаховому виданні, що індексуються в міжнародних наукометричних баз Scopus				
1	Ecological safety of sunflower seeds in the conditions of agricultural intensification	<i>Scientific Horizons</i> . 2024. Vol. 27 (1). DOI: https://doi.org/10.48077/scihor1.2024.71 URL: https://sciencehorizon.com.ua/web/uploads/pdf/Scientific%20Horizons %202024 Vol.%2027,%20No.1-71-79.pdf	<u>P. 71-79</u> 1,01 (0,40)	Tkachuk O., Gucol G., Mazur O., Verhelis V., Titarenko O.
Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених до міжнародної наукометричної бази даних (Index Copernicus)				
2.	Вирощування олійних культур та інтенсивність накопичення важких металів у ґрунтах за їх мінерального удобрення в умовах Вінниччини	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2022. №1 (24). DOI: 10.37128/2707-5826-2022-1-16 URL: http://forestry.vsau.org/storage/articles/May2022/5LRHtuj7DQ0Hq09mlTGd.pdf	<u>C. 217-226</u> 0,58 (0,29)	Гуцол Г.В.
3.	Вміст нітратів у насінні соняшнику та продуктах його переробки при вирощуванні на сірих лісових ґрунтах	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2023. № 2 (29). DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2 URL: http://forestry.vsau.org/uk/particles/vmist-nitrativ-u-nasinni-	<u>C. 125-135.</u> 0,8 (0,4)	Гуцол Г.В.

		sonyashniku-ta-produktah-jogo-pererobki-pri-viroshuvanni-na-sirih-lisovih-gruntah		
4.	Ріст та розвиток сояшнику залежно від удобрення	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2024. № 1 (32). DOI: 10.37128/2707-5826-2024-1-6 URL: http://forestry.vsau.org/uk/particles/rist-ta-rozvitok-sonyashniku-zalezno-vid-udobrennya	С. 62-75 0,93 (0,46)	Гуцол Г.В.
5.	Інтенсивність накопичення важких металів насінням та шротом сояшнику	<i>Вісник Львівського національного університету природокористування «Агрономія»</i> . 2023. № 27. DOI: 10.31734/agronomy2023.27.041 URL: https://visnyk.lnup.edu.ua/index.php/agronomy/article/view/232	С. 41-45 0,46 (0,23)	Гуцол Г.В.
6.	Інтенсивність накопичення важких металів вегетативною масою сояшнику на сірих лісових ґрунтах в умовах Лісостепу Правобережного	<i>Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки</i> . 2024. Вип. 136. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.136.2.36 URL: https://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/issue-136-2-2024	С. 294-299 0,4	-
Інші видання (тези доповідей)				
7	Небезпека накопичення нітратів у насінні сояшнику та продуктах його переробки в умовах інтенсифікації галузі	<i>«Vin Smart Eco»</i> Збірник матеріалів III міжнародної науково-практичної конференції 18-20 травня 2023 року URL: https://nsi.nuwm.edu.ua/index.php?preview=1&option=com_dropfiles&format=&task=frontfile.download	С. 159-161 0,32	-

		d&catid=256&id=469&lc mid=1000000000000		
8	Інтенсивність накопичення важких металів у грунтах за вирощування олійних культур на різних фонах мінерального живлення	IV Correspondence International Scientific and Practical Conference «An integrated approach to science modernization: methods, models and multidisciplinarity». Вена, Австрія, 18-19 серпня 2022 року. URL: https://archive.grail- science/index.php/271 0- 3056/issue/view/26.08.2022	C. 137-140 0,32	-

Усього за темою дисертаційної роботи «Вплив удобрення та десикації посівів соняшнику на урожайність та якість насіння і продукції його переробки в умовах Лісостепу правобережного» опубліковано 8 наукових праць. Основні положення дисертації пройшли апробацію на 5 науково-практичних конференціях. Наукові праці опубліковані: 1 у міжнародному виданні; 5 у наукових фахових виданнях України та 2 тези доповідей загальним обсягом 0,64 у. д. а. (власний доробок автора 0,64 у. д. а.). Загальний обсяг публікацій автора 4,82 у. д. а. (власний доробок автора 2,82 у. д. а.).

Автор

Вчений секретар

«23» березня 2025 р.



Ольга МАЗУР

Тетяна КОРПАНЮК

АКТ
впровадження у виробництво № 29
від 20.11.2024

1. *Назва установи* – Вінницький національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України.

2. *Назва НДР, що впроваджується* – Вплив удобрення та десикації посівів соняшнику на урожайність та якість насіння і продукції його переробки в умовах Лісостепу правобережного.

3. *Автори НДР* – Гуцол Галина Василівна, к.с.-г. наук, доцент – керівник НДР, Мазур Ольга Вікторівна, аспірантка – відповідальний виконавець.

4. *Впровадження проводиться на базі* ФГ «Зоря Василівки», Вінницька обл., Вінницький р-н, селище Тиврів.

5. *Відповідальні за проведення впровадження*
від Вінницького національного аграрного університету – Мазур О.В. – аспірантка;

від господарства – генеральний директор – Ільченко І.І.

6. *Умови проведення впровадження:*

територія господарства розташована у Правобережному Лісостепі України, ґрунти – сірі лісові, клімат – помірно континентальний.

7. *Площа впровадження* – 100 га.

8. *Впровадження проводилися на посівах* соняшнику.

9. *Строк проведення впровадження* – 2024 р.

10. *Результати виробничої перевірки:*

Внаслідок впровадження одержаних експериментальних результатів досліджень з вивчення інтенсивності винесення рухомих форм важких металів із сірого лісового ґрунту встановлено, що з урожаєм соняшнику (надземна вегетативна маса, насіння, нектар, квітковий пилок) з 1 га валове винесення важких металів складас по Pb – 14,3 мг/га, Cd – 1,85 мг/га, Zn – 118,2 мг/га та Cu – 116 мг/га. Найвищий рівень винесення з урожаєм соняшнику з сірого лісового ґрунту спостерігалось по Zn. Виявлено перевищення у надземній вегетативній масі соняшнику Pb у 1,7 рази та Cd у 1,2 рази.

11. *Рекомендації виробництву:*

При необхідності зниження забруднення сірого лісового ґрунту Zn, Pb та Cd та підвищення безпеки урожаю сільськогосподарських культур, рекомендуємо видаляти надземну вегетативну масу соняшнику з поля з подальшим її захоропленням.

Автори НДР:

Галина ГУЦОЛ

Ольга МАЗУР

Генеральний директор



Інна ІЛЬЧЕНКО

АКТ
впровадження у виробництво № 30
від 21.11.2024

1. *Назва установи* – Вінницький національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України.

2. *Назва НДР, що впроваджується* – Вплив удобрення та десикації посівів соняшнику на урожайність та якість насіння і продукції його переробки в умовах Лісостепу правобережного.

3. *Автори НДР* – Гуцол Галина Василівна, к.с.-г. наук, доцент – керівник НДР, Мазур Ольга Вікторівна, аспірантка – відповідальний виконавець.

4. *Впровадження проводиться на базі* ФГ «ПРО-ХАРВЕСТ» селище Тиврів Вінницького району, Вінницької області.

5. *Відповідальні за проведення впровадження:*

від Вінницького національного аграрного університету – Мазур О.В. – аспірантка;

від господарства – заступник голови фермерського господарства – Овчарук І.І.

6. *Умови проведення впровадження:*

територія господарства розташована у Правобережному Лісостепу України, ґрунти – сірі лісові, клімат – помірно континентальний.

7. *Площа впровадження* – 40 га.

8. *Впровадження проводилися на посівах* соняшнику.

9. *Строк проведення впровадження* – 2024 р.

10. *Результати виробничої перевірки:*

В наслідок виробленої перевірки підтверджені експериментальними результатами досліджень. Виявлений вплив мінерального удобрення ґрунтів ($N_{90}P_{90}K_{90}$) на інтенсивність накопичення важких металів в насінні соняшнику по Cu на 1,2%, Zn – 5,2% та Cd – 62,7% порівняно з варіантом без удобрення. Найвищий вплив накопичення в насінні соняшнику мав калій хлористий.

11. *Рекомендації виробництву:*

При прогнозованому перевищенні, на підставі коефіцієнту накопичення Cd у насінні соняшнику, понад допустимі рівні, рекомендуємо оптимізувати норми внесення калійних та фосфорних добрив з врахуванням мінімального надходження даного токсиканту у сірий лісовий ґрунт.

Автори НДР:

Галина ГУЦОЛ

Ольга МАЗУР

Заступник голови ФГ



Іванна Овчарук



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
«ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
(ДУ «Держґрунтохорона»)

ЖИТОМИРСЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»

проспект Миру, 21-А, м. Житомир, 10020, тел. факс (0412) 26-28-85, 26-74-33, 26-72-16,
e-mail: dgu@itp.gov.ua, сайт: www.itp.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517198

2022.05.12 № 12.05.12.01.2022

на №

від

Аспірантці Вінницького Національного
аграрного університету
Мазур Ользі Вікторівні
м. Вінниця

На Ваше звернення від 2 травня 2022 року надаємо результати лабораторних досліджень ґрунту:

№ з/п	Показник	Шифр варіанта				ЦД
		№1	№2	№3	№4	
1	Азот легкогідролізований, мг/кг	110	98	105	115	ДСТУ 7863:2015
2	Обмінний калій, мг/кг	162,4	159,6	149,9	160,9	ДСТУ 4405:2005
3	Рухомий фосфор, мг/кг	101,0	99,4	96,6	98,2	
4	Кислотність, од. рН	5,25	5,34	5,36	5,45	ДСТУ ISO10390:2007
5	Гумус, %	1,65	1,71	1,73	1,79	ДСТУ 4289:2004
6	Щільність забруднення ґрунту ¹³⁷ Cs, Кі/км ²	0,29	0,30	0,31	0,34	Методические указания по определению стронция-90 и цезия-137 в почвах и растениях. М.: ЦИНАО, 1985 р. 63 с.
Вміст рухомих сполук хімічних елементів, мг/кг						
7	Бор (В), мг/кг	1,55	1,61	1,63	1,69	ОСТ 10150-88
8	Молібден (Мо), мг/кг	0,116	0,122	0,118	0,128	ОСТ 10151-88
9	Кобальт (Со), мг/кг	1,06	0,95	1,10	0,93	ДСТУ 4770.5:2007
10	Залізо (Fe), мг/кг	59,20	61,15	56,64	51,73	ДСТУ 4770.4:2007
11	Мідь (Cu), мг/кг	0,716	0,725	0,739	0,748	ДСТУ 4770.6:2007
12	Цинк (Zn), мг/кг	3,46	3,15	3,59	3,28	ДСТУ 4770.2:2007
13	Свинць (Pb), мг/кг	1,61	1,54	1,47	1,66	ДСТУ 4770.9:2007
14	Кадмій (Cd), мг/кг	0,086	0,089	0,091	0,094	ДСТУ 4770.3:2007
15	Ртуть (Hg), мг/кг		0,0047	0,0049	0,0052	Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственной и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992 р. 64 с.

Аналізи виконані по представлених зразках. За відбір зразків відповідальність несе замовник.

Г. в.о. директора філії

Тетяна КОЗЛИК

Зав. лабораторії

Світлана КОВАЛЬОВА



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
«ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
(ДУ «Держґрунтохорона»)

ВІННИЦЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»
вул. Мінурна, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227
тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-43-38

E-mail: vinnytsia@du.gov.ua, сайт: www.dugov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

від 29.11.2022 р.

1. Найменування продукції і НД: Шрот соняшниковий, насіння соняшника, фус олії
2. Замовник, адреса: Мазур Ольга Вікторівна, ВНАУ, м. Вінниця
3. Дата проведення випробувань (початок – кінець): 24.11.2022 р. - 29.11.2022 р.

№ з/п	Найменування продукції, місце відбору	НД на метод випробувань	Назва показника	Одиниці виміру	Фактичне значення за результатами випробувань
Визначення вмісту нітратів					
1	Шрот соняшниковий, зр. № 1	ГОСТ 13496.19-93	NO ₃	мг/кг	62,2
2	Шрот соняшниковий, зр. № 2				70,2
3	Шрот соняшниковий, зр. № 3				58,2
4	Шрот соняшниковий, зр. № 4				50,2
5	Насіння соняшника, зр. № 1				28,2
6	Насіння соняшника, зр. № 2				44,2
7	Насіння соняшника, зр. № 3				36,2
8	Насіння соняшника, зр. № 4				20,2
9	Фус олії соняшnikової, зр. № 1				28,5
10	Фус олії соняшnikової, зр. № 2				20,5
11	Фус олії соняшnikової, зр. № 3				31,5
12	Фус олії соняшnikової, зр. № 4				17,5

Додаткові відомості:

назва об'єкта, куди надано ким, без дозволу забороняється;
згідно з вимогами, переданими на підпис, підписного випробування.



Виконавці:

[Signature]

Гаруба Р. С.

Відповідальний за оформлення протоколу
лабораторних випробувань

[Signature]

Гаруба Р. С.



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
«ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
(ДУ «Держґрунтохорона»)
ВІННИЦЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»
вул. Місюрка, 7, с. Агрономівське, Вінницький район, Вінницька область, 23227
т.ф.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38
e-mail: udrgrunty@ukr.net.ua, сайт: www.ustr.gov.ua, код з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

від 26.12.2022 р.

1. Найменування продукції і ІД: Насіння соняшника
2. Замовник, адреса: Мазур Ольга Вікторівна, ІННУ, м. Вінниця
3. Дата проведення випробувань (початок – кінець): 19.12.2022 р. - 26.12.2022 р.

№ п/п	Найменування продукції	ІД на метад випробувань	Світлот., м/кг	Кадмієв., м/кг	Цинк, м/кг	Мідь, м/кг
1	Насіння соняшника, гр. №1	ГОСТ 30178-965	0,91	0,13	34,6	8,5
2			0,90	0,12	35,0	8,4
3			0,92	0,14	34,5	8,3
4			0,93	0,13	36,0	8,5

Дискретні дані не вносяться, оскільки безпечною для здоров'я людини.



Підписали:

А.В.Василь

Завелська Т.Т.

П.С.Палуба

Палуба Р.С.



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНА УСТАНОВА

«ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»

ДУ «Держґрунтохорона»

пров. Бабуськіна, 3, м. Київ, 03190, тел./факс: (044) 356-53-21, тел. (044) 356-53-23

E-mail: info@pro.gov.ua; сайт: www.pro.gov.ua, код підляг. ЄДРРК/КУ 35835792



ВИМІРЮВАЛЬНА ЛАБОРАТОРІЯ

Сайт для визначення вимірювальних можливостей № 119-21 від 29 грудня 2021
вул. Митишнібульварна, 25, смт Чабани, Київ-Святошинський район, Київська обл.; тел.: (044) 356 53 21

ПОДПИСАНО
Першим заступником Генерального директора
Сергієм ШАПРАЙ

2023 р

ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАНЬ № 10 від „ 28 „ січня 2023

Найменування продукції: рослинна продукція

Назва та адреса замовника: Мазур Ольга Вікторівна

Договір № 00-01-41-1945 від 20.01.2023

Відбір проб проведено представниками замовника

Результати випробувань: Табл. 1 - 2

Зразок № 026/23 – шрот (продукт переробки насіння соняшника)

Табл. 1

Показник, одиниці вимірювання важких металів	Результати	Позначення НД на методи випробувань
Мідь (Cu), мг/кг	3,63	МУ по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственной и продукционной растениеводства, М., 1989
Цинк (Zn), мг/кг	8,75	
Кадмій (Cd), мг/кг	0,016	
Свинець (Pb), мг/кг	0,129	

Зразок № 027/23 – насіння соняшника

Табл. 2

Показник, одиниці вимірювання важких металів	Результати	Позначення НД на методи випробувань
Мідь (Cu), мг/кг	1,25	МУ по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственной и продукционной растениеводства, М., 1989
Цинк (Zn), мг/кг	6,10	
Кадмій (Cd), мг/кг	0,011	
Свинець (Pb), мг/кг	0,087	

Відповідальний виконавець:

Завідувач лабораторії

О. Дмитренко

Примітка:

1. Протокол випробувань стосується тільки зразків, наданих для випробувань.
2. Протокол випробувань не підлягає повному або частковому переаргументуванню без дозволу вимірювальної лабораторії.

Експертний висновок № 036742 д.т./h/23

Державна служба України з питань
безпеки харчових продуктів
та захисту споживачів
Держпродспожислужба

ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ
КОНТРОЛЬНИЙ ІНСТИТУТ ВЕТЕРИНАРНИХ
ПРЕПАРАТІВ ТА КОРМОВИХ ДОБАВОК

вул. Довженка, 11, м. Львів, 79019
тел. (032) 252 33 72, факс (032) 252 27 78
e-mail: secretariat@svs.lviv.ua, info@svs.lviv.ua
СДРІК(У) 00485670



State Service for Food Safety and
Consumer Protection
of Ukraine
SSU/FSCP

STATE SCIENTIFIC RESEARCH CONTROL
INSTITUTE OF VETERINARY MEDICAL
PRODUCTS AND FEED ADDITIVES

Donetska str. 11, Lviv, 79019, Ukraine
tel. +380 32 252 33 72; fax +380 32 252 27 78
e-mail: secretariat@svs.lviv.ua, info@svs.lviv.ua
IDK(У) 00485670

Атестат акредитації НААУ
№ 20461 від 06.04.2023 р.




ЕКСПЕРТНИЙ ВИСНОВОК № 036742 д.т./h/23
« 02 » жовтня 2023 р.

Замовник: ФО Мазур Ольга Вікторівна, Вінницька обл., Вінницький р-н, с. Агрономічне, пров. Керимічний, 19
Об'єкт(и) випробувань: 036742д.т./h/1/23-Насіння соняшнику з наявним лушпинням (Зразок 1); 036742д.т./h/2/23-Насіння соняшнику з наявним лушпинням (Зразок 2); 036742д.т./h/3/23-Насіння соняшнику без лушпиння (Зразок 3)
Лист замовлення: № 1 від 18.09.2023 р.
Дата надходження зразка: 22.09.2023 р.
Термін проведення дослідження: 22.09.2023 р. - 29.09.2023 р.

036742д.т./h/1/23-Насіння соняшнику з наявним лушпинням (Зразок 1)
Пестициди

Найменування показника	Регуляторний рівень (МДП)	Результати досліджень	Позначення НД на метод випробувань	Невизначеність/похибка методу	Відмітка про відповідність
Гліфосати	Не менше 0,3 мг/кг	Не виявлено	ДСТУ EN 12393-1:2003	-	Відповідає

036742д.т./h/2/23-Насіння соняшнику з наявним лушпинням (Зразок 2)
Пестициди

Найменування показника	Регуляторний рівень (МДП)	Результати досліджень	Позначення НД на метод випробувань	Невизначеність/похибка методу	Відмітка про відповідність
Гліфосати	Не менше 0,3 мг/кг	0,28 мг/кг	ДСТУ EN 12393-1:2003	-	Відповідає

036742д.т./h/3/23-Насіння соняшнику без лушпиння (Зразок 3)
Пестициди

Найменування показника	Регуляторний рівень (МДП)	Результати досліджень	Позначення НД на метод випробувань	Невизначеність/похибка методу	Відмітка про відповідність
Гліфосати	Не менше 0,3 мг/кг	0,16 мг/кг	ДСТУ EN 12393-1:2003	-	Відповідає

Примітки: 1. Експертний висновок стосується тільки зразків, які підані на випробування.
2. Експертний висновок не підлягає повному або частковому передрукуюванню без дозволу випробувальної лабораторії.
3. Зразки підлягають рубцюванню при випробуваннях, що означає їх утилізацію.
4. За вибір, транспортування, зберігання зразків до моменту проведення у ВЦ відповідає замовник.

Заступник директора

Відповідаючий виконавець

Завідуючий лабораторією аналізування рідинної хроматографії

мет.

Роман ОСТАПІВ



Тарас ЛЕВИЦЬКИЙ

Оформлено: Семішнін Т.С.

Сторінка 1 / 1



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, тел. (0432) 46-00-03,
email: office@vsau.org, rector@vsau.org, код ЄДРПОУ 00497236

14 березня 2025 р. № ДІ.1-6Д-378
на № _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень
дисертаційної роботи Мазур Ольги Вікторівни
на тему «Вплив удобрення та десикації посівів соняшнику на урожайність
та якість насіння і продукції його переробки в умовах Лісостепу
правобережного»

Повідомляємо, що наукові розробки Мазур Ольги Вікторівни за вказаною темою дисертації мають практичну цінність, що зумовило їх впровадження у навчально-методичний процес та наукову роботу кафедри екології та охорони навколишнього середовища.

Положення дисертаційної роботи використовується при викладанні навчальної дисципліни «Сільськогосподарська екологія».

Довідка видана Мазур О.В. для представлення у спеціалізовану вчену раду за місцем захисту її дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Розглянуто та затверджено на засіданні науково-методичної комісії Вінницького національного аграрного університету від 14 березня 2025 року протокол № 7.

Ректор

Віктор МАЗУР

№ 02545