

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ГУСАК ОКСАНА БОРИСІВНА

УДК633.1:006.83]:631.583:551.583(477.4)(292.485)(043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ

ЯКІСТЬ ЗЕРНА ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР ЗА ІНТЕНСИВНОГО
ЗЕМЛЕРОБСТВА В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ 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. Б. Гусак

Науковий керівник:

Разанов Сергій Федорович

доктор сільськогосподарських наук,
професор

Вінниця – 2024

АНОТАЦІЯ

Гусак О. Б. Якість зерна злакових культур за інтенсивного землеробства в умовах зміни клімату Лісостепу Правобережного. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 201 Агрономія. Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, 2024.

Дисертаційна робота присвячена вивченню інтенсивності накопичення важких металів зерном пшениці та ячменю залежно від їх озимих та ярих форм, рівня забруднення ґрунтів і зволоження й удобрення ґрунтів мінеральними добривами.

Наукова новизна одержаних результатів досліджень полягає у вивченні урожайності та інтенсивності накопичення важких металів зерном злаків в умовах техногенного навантаження на сірі лісові ґрунти залежно від їх озимих та ярих форм за різного рівня зволоження ґрунтів та мінерального удобрення в природно-кліматичних умовах Лісостепу Правобережного.

Уперше проведено оцінку якості зерна злакових культур за інтенсивністю накопичення важких металів залежно від озимих та ярих форм злаків, за різного рівня зволоження ґрунтів та за мінерального удобрення ґрунтів в умовах Лісостепу Правобережного. Досліджено вміст коефіцієнта накопичення та небезпеки свинцю, кадмію, цинку і міді у зерні озимих і ярих культур пшениці та ячменю.

Набуло подальшого розвитку прогнозоване надходження свинцю, кадмію, цинку і міді у зерно пшениці та ячменю вирощеного за інтенсивного землеробства в кліматичних умовах Лісостепу Правобережного.

У вступній частині кваліфікаційної наукової праці обґрунтовано актуальність теми дослідження, визначено мету та завдання, описано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі проведено аналіз вітчизняних і закордонних літературних джерел щодо господарського значення та безпеки зерна злакових зернових культур. Проаналізовано питання продовольчої безпеки та екологічної безпеки у сучасному світі за умов зміни клімату в умовах сьогодення.

У другому розділі подано ґрунтово-кліматичні умови досліджуваних років, встановлено дію гідротермічних умов вегетаційних періодів на зростання та розвиток злакових рослин. Описано й проаналізовано гідротермічні показники у роки проведення досліджень. Охарактеризовано досліджувані сорти та методику дослідження.

У розділах експериментальних напрямків дисертаційного дослідження описані результати досліджень щодо інтенсивності накопичення важких металів зерном злакових зернових культур залежно від озимих та ярих форм злаків за різного рівня зволоження ґрунтів та їхнього мінерального удобрення. Обґрунтовано еколого-економічну ефективність.

Дослідження за темою дисертації проводили впродовж 2021–2023 років на сірих лісових ґрунтах Вінниччини в умовах Лісостепу Правобережного.

Встановлено, що за вивчення інтенсивності накопичення важких металів зерном зернових культур залежно від озимих та ярих форм злаків із проаналізованих зразків пшениці озимої вирощеної в умовах Лісостепу Правобережного за інтенсивного землеробства, яка належала до третього класу, виявлено перевищення ГДК за показниками кадмію – на 32,35% (0,1 мг/кг), тоді як перевищення ГДК за показниками цинку та міді не спостерігали.

Вміст кадмію в зерні пшениці озимої був у межах від $0,03 \pm 0,007$ мг/кг до $0,12 \pm 0,003$ мг/кг, цинку – $21,2 \pm 0,78$ мг/кг до $29,7 \pm 1,2$ мг/кг та міді – $4,2 \pm 0,41$ до $7,8 \pm 1,2$ мг/кг.

Коефіцієнт небезпеки важких металів перевищував у зерні пшениці озимої нормативний показник (1,0) за кадмієм на 32,3%.

Виявлено, що у зерні пшениці озимої концентрація кадмію, цинку та міді була нижчою у 1,53 раза, 1,03 та 1,02 раза порівняно із зерном пшениці ярої.

Концентрація кадмію у зерні ячменю озимого була нижчою у 1,19 раза порівняно із ячменем ярим.

Коефіцієнт накопичення в зерні пшениці озимої кадмію, цинку та міді був нижчим у 1,6 раза 1,4 і 3,1 порівняно із зерном пшениці ярої. У зерні ячменю озимого коефіцієнт накопичення кадмію був нижчим у 1,6 раза, цинку – в 1,3 раза та міді – у 3,0 рази порівняно з зерном ячменю ярого.

У результаті аналізу накопичення важких металів зерном злаків виявили певну відмінність між зерном пшениці та ячменю. Зокрема, в зерні пшениці озимої вміст кадмію був вищим у 1,05 раза порівняно із зерном ячменю озимого. У зерні пшениці озимої вміст цинку та міді був вищим у 1,53 раза і 1,3 раза порівняно із зерном ячменю озимого.

Тоді як у зерні пшениці ярої, навпаки, вміст цинку був нижчим у 1,41 раза порівняно із зерном ячменю ярого, а міді вищим у 1,1 раза порівняно з зерном ячменю ярого.

Доведено, що коефіцієнт накопичення кадмію в зерні пшениці озимої був нижчим у 1,6 раза порівняно з аналогічною сировиною, одержаною з пшениці ярої. Коефіцієнт накопичення цинку та міді в зерні пшениці озимої також був нижчим порівняно із зерном пшениці ярої відповідно у 1,4 і 3,1 раза.

Виявлено, що за суми опадів та штучного поливу 256,2 мм – 272,5 мм у період фази розвитку кущання–колосіння врожайність різних сортів ячменю ярого знижувалася від 14,1% до 1,8% порівняно із зволоженням ґрунтів природними опадами за цей період 47,4 мм – 52,3 мм.

Встановлено, що у зерні ячменю ярого за суми опадів та штучного зволоження ґрунтів 256,2 – 272,5 мм, концентрація свинцю була нижчою від 4,2% до 15,0%, кадмію від 40% до 77%, цинку від 6,2% до 20,96% та міді від 12,9% до 19,5% порівняно із зволоженням ґрунтів природними опадами 47,4 мм – 52,3 мм.

За за суми опадів та штучного поливу 256,2 – 272,5 мм у виявлено зерні ячменю ярого нижчий вміст свинцю на 13,4%, кадмію – на 40%, цинку – на 15,3% та міді – на 11,8%.

Коефіцієнт накопичення важких металів за суми опадів та штучного поливу від 256,2 мм до 272,5 мм був вищим за цинком у 1,07 раза, а міді – нижчим у 1,05 раза у зерні ячменю озимого та в 1,14 раза вищим за цинком і у 1,15 раза нижчим за міддю відповідно у зерні пшениці озимої порівняно із зволоженням ґрунтів природними опадами від 47,4 мм до 52,3 мм. Разом з тим за суми опадів та штучного поливу від 256,2 мм до 272,5 мм цей показник був нижчим за показниками свинцю на 31,3%, а кадмію – на 11,8% у зерні ячменю озимого та у зерні пшениці озимої на 39,3% і 22,5% відповідно, порівняно з зволоженням ґрунтів природними опадами від 47,4 мм до 51,3 мм.

Коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у зерні ячменю ярого за суми опадів та штучного поливу був нижчим відповідно на 10% і 12,8%, 42,3% і 28,0%, 13,3% і 17,3%, 11,5% і 11,4% порівняно з природними опадами.

Доведено, що показники вмісту свинцю, цинку та міді у зерні пшениці озимої були вищими за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим у 2,3 раза, 1,4 раза, 1,4 раза, і 10,7 раза; калію хлористого – у 1,07, 1,2 раза та 1,06 раза; аміачної селітри – у 2,5 раза, 1,06 раза та 1,02 раза відповідно порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$.

У зерні ячменю озимого за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим та аміачною селітрою підвищувався вміст свинцю у 1,5 раза і 1,65 раза, цинку – у 1,1 раза і 1,2 раза відповідно порівняно з варіантом за комплексного удобрення $N_{90}P_{60}K_{60}$.

За удобрення ґрунтів калієм хлористим вміст в зерні ячменю озимого, свинцю та міді знизився у 1,04 і 1,1 раза відповідно порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$ добрив. Вміст цинку в зерні ячменю озимого за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим, калієм хлористим та аміачною селітрою був вищим у 1,1 раза, 1,68 раза, 1,2 раза порівняно із удобренням ґрунтів комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Коефіцієнт накопичення свинцю, цинку та міді підвищувався у зерні пшениці озимої за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим у 2,3 раза,

1,4 раза та 1,07 раза, калієм хлористим у 1,06 раза, 1,2 раза та 1,06 раза аміачною селітрою у 2,4 раза, 1,06 раза та 1,02 раза відповідно порівняно з комплексним удобренням ґрунтів $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Коефіцієнт накопичення свинцю в зерні ячменю озимого за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим та аміачною селітрою підвищився у 1,57 раза відповідно, а калію хлористого знизився у 1,02 раза порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Коефіцієнт накопичення цинку в зерні ячменю озимого за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим, калієм хлористим та аміачною селітрою підвищився у 1,1 раза, 1,06 раза та 1,2 раза відповідно порівняно з комплексним удобренням. За удобрення ґрунтів аміачною селітрою коефіцієнт накопичення міді підвищився у 1,06 раза, а суперфосфатом простим та калієм хлористим знизився відповідно у 1,07 раза і 1,1 раза відповідно порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Ключові слова: пшениця озима, пшениця яра, ячмінь озимий, ячмінь ярий, ґрунти, зернові культури, зволоження, урожайність, важкі метали, коефіцієнт накопичення, зернова продукція, мінеральні добрива, забруднення, озимі культури, ярі культури.

ANNOTATION

Husak O. B. Grain quality of cereal crops under intensive farming in the conditions of climate change of the right-bank forest-steppe. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Thesis for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 Agronomy. Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, 2024.

The thesis is devoted to the study of the intensity of heavy metals accumulation in wheat and barley grains depending on the period of cultivation, the level of soil pollution and soil moistening and fertilization with mineral fertilizers.

The scientific novelty of the obtained research results lies in the studied intensity of the accumulation of heavy metals by cereal grains in conditions of man-made load on gray forest soils, depending on winter and spring forms at different levels of soil moisture, and mineral fertilization in the natural and climatic conditions of the right-bank forest-steppe.

For the first time, an assessment of the grain quality of cereal crops was carried out according to the intensity of accumulation of heavy metals depending on the winter and spring forms of cereals, at different levels of soil moisture and soil mineral fertilization in the conditions of the right bank forest steppe. The content of the coefficient of accumulation and danger of lead, cadmium, zinc and copper in the grain of winter and spring crops of wheat and barley was investigated

The predicted intake of lead, cadmium, zinc, and copper in wheat and barley grown under intensive agriculture in the climatic conditions of the Right-bank Forest Steppe has developed further.

In the introductory part of the qualifying scientific work, the relevance of the research topic is substantiated, the goal and task are defined, the scientific novelty and practical significance of the obtained results are described.

In the first chapter, an analysis of domestic and foreign literary sources on the economic importance and safety of cereal grains is carried out. The issue of food

security and environmental security in the modern world under the conditions of climate change in today's conditions is analyzed.

In the second chapter, the soil and climatic conditions of the studied years are presented, the effect of the hydrothermal conditions of the growing seasons on the growth and development of cereal plants is established. Hydrothermal indicators during the years of research are described and analyzed. The researched varieties and research methodology are characterized.

In the sections of the experimental directions of the thesis research, the results on the intensity of the accumulation of heavy metals in the grain of cereal crops during different periods of cereal cultivation at different levels of soil moisture and their mineral fertilization are described. Environmental and economic efficiency is substantiated.

Research on the topic of the thesis was conducted during 2021–2023 on the gray forest soils of Vinnytsia in the conditions of the right bank forest steppe.

It was established that when studying the intensity of the accumulation of heavy metals in the grains of cereal crops during different periods of cereal cultivation from the analyzed samples of winter wheat grown in the conditions of the right-bank forest-steppe under intensive agriculture, which belonged to the third class, an excess of the maximum permissible limit according to cadmium indicators was found to be 32.35% (0.1 mg/kg), while exceeding the MPC for zinc and copper indicators was not observed.

The content of cadmium in winter wheat grains ranged from 0.03 ± 0.007 mg/kg to 0.12 ± 0.003 mg/kg, zinc - 21.2 ± 0.78 mg/kg to 29.7 ± 1.2 mg/ kg and copper - 4.2 ± 0.41 to 7.8 ± 1.2 mg/kg.

The hazard ratio of heavy metals in winter wheat grain exceeded the normative indicator (1.0) for cadmium by 32.3%.

It was found that the concentration of cadmium, zinc and copper in winter wheat grain was 1.53 times, 1.03 and 1.02 times lower compared to spring wheat grain. The concentration of cadmium in winter barley grain was 1.19 times lower compared to spring barley.

The coefficient of accumulation of cadmium, zinc and copper in winter wheat grain was lower by 1.6 times, 1.4 and 3.1 times compared to spring wheat grain. In winter barley grain, the accumulation coefficient of cadmium was 1.6 times lower, zinc – 1.3 times, and copper – 3.0 times lower compared to spring barley grain.

As a result of the analysis of the accumulation of heavy metals in cereal grains, a certain difference between wheat and barley grains was found. In particular, the cadmium content in winter wheat grain was 1.05 times higher compared to winter barley grain. The content of zinc and copper in winter wheat grain was 1.53 times and 1.3 times higher compared to winter barley grain.

Whereas in spring wheat grain, on the contrary, zinc content was 1.41 times lower compared to spring barley grain, and copper content was 1.1 times higher compared to spring barley grain.

It was proved that the coefficient of accumulation of cadmium in winter wheat grain was 1.6 times lower compared to similar raw materials obtained from spring wheat. The coefficient of zinc and copper accumulation in winter wheat grain was also lower compared to spring wheat grain by 1.4 and 3.1 times, respectively.

It was found that with an abnormally high level of soil moisture (256.2 mm - 272.5 mm) during the period of the tillering-ear development phase, the yield of different varieties of spring barley decreased from 14.1% to 1.8% compared to the level of moisture during this period 47.4 mm - 52.3 mm.

It was established that in spring barley grain at a moisture level of 256.2 - 272.5 mm, the concentration of lead was lower from 4.2% to 15.0%, cadmium from 40% to 77%, zinc from 6.2% to 20.96% and copper 12.9% to 19.5% compared to the moisture level of 47.4 mm - 52.3 mm.

For soil moisture of 256.2 - 272.5 mm, a lower content of lead in spring barley grain was revealed by 13.4%, cadmium by 40%, zinc by 15.3%, and copper by 11.8%.

The coefficient of accumulation of heavy metals at the level of soil moisture from 256.2 mm to 272.5 mm was 1.07 times higher for zinc, and 1.05 times lower for copper in winter barley grain and 1.14 times higher for zinc and 1.15 times lower

than copper, respectively, in winter wheat grains compared to the level of soil moisture from 47.4 mm to 52.3 mm. At the same time, at the level of soil moisture from 256.2 mm to 272.5 mm, this indicator was lower than the indicators of lead by 31.3%, and cadmium by 11.8% in winter barley grain and in winter wheat grain by 39, 3% and 22.5%, respectively, compared to the level of soil moisture from 47.4 mm to 51.3 mm.

The coefficient of accumulation of lead, cadmium, zinc and copper in spring barley grain under high soil moisture was lower by 10% and 12.8%, 42.3% and 28.0%, 13.3% and 17.3%, respectively, 11.5% and 11.4% compared to low soil moisture.

It has been proven that the indicators of the content of lead, zinc and copper in winter wheat grains were 2.3 times, 1.4 times, 1.4 times, and 10.7 times higher when the soil was fertilized with simple superphosphate; potassium chloride - 1.07, 1.2 and 1.06 times; of ammonium nitrate - by 2.5 times, 1.06 times and 1.02 times, respectively, compared to complex fertilizer $N_{90}P_{60}K_{60}$.

In winter barley grain, the content of lead increased by 1.5 times and 1.65 times, and zinc by 1.1 times and 1.2 times, respectively, compared to the variant with complex fertilization $N_{90}P_{60}K_{60}$.

When soil was fertilized with potassium chloride, the content of winter barley grain, lead and copper decreased by 1.04 and 1.1 times, respectively, compared to complex fertilization with $N_{90}P_{60}K_{60}$ fertilizers. The content of zinc in winter barley grains after soil fertilization with simple superphosphate, potassium chloride, and ammonium nitrate was 1.1 times, 1.68 times, and 1.2 times higher compared to soil fertilization with complex fertilizer $N_{90}P_{60}K_{60}$.

The coefficient of accumulation of lead, zinc, and copper in winter wheat grains increased by 2.3 times, 1.4 times, and 1.07 times simple superphosphate fertilization, and 1.06 times, 1.2 times, and 1.06 times potassium chloride with ammonium nitrate by 2.4 times, 1.06 times and 1.02 times, respectively, compared to complex soil fertilization $N_{90}P_{60}K_{60}$.

The coefficient of accumulation of lead in winter barley grains when soil was fertilized with simple superphosphate and ammonium nitrate increased by 1.57 times, respectively, and potassium chloride decreased by 1.02 times compared to complex fertilizer $N_{90}P_{60}K_{60}$.

The coefficient of zinc accumulation in winter barley grains after soil fertilization with simple superphosphate, potassium chloride, and ammonium nitrate increased by 1.1 times, 1.06 times, and 1.2 times, respectively, compared to complex fertilization. When fertilizing the soil with ammonium nitrate, the accumulation coefficient of copper increased by 1.06 times, and with simple superphosphate and potassium chloride, it decreased by 1.07 times and 1.1 times, respectively, compared to complex fertilizer $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Key words: winter wheat, spring wheat, winter barley, spring barley, soils, grain crops, moisture, productivity, heavy metals, accumulation coefficient, grain products, mineral fertilizers, pollution, winter crops, spring crops.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

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

1. Razanov S., **Husak O.**, Polishchuk M., Bakhmat O., Koruniak O., Symochko L., Ovcharuk I. Accumulation peculiarities of heavy metals in cereal crops grains of different vegetation period in conditions of the forest steppe of the Right Bank of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2022. Vol. 12 (3). P. 43–50. (Web of Science). DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeess12.3> (0,79 друк. арк., дольова частка 0,64 друк. арк. *Особистий внесок автора: проведено експериментальні дослідження, визначено певний вплив періоду вегетації злаків озимих, ярих у природно-кліматичних умовах Лісостепу правобережного на інтенсивність накопичення в зерні важких металів, підготовлено матеріали до друку*).

2. Razanov S., **Husak O.**, Hnativ P., Dydiv A., Bakhmat O., Stepanchenko V., Pryshchepa A., Shcherbachuk V., Mazurak O. The Influence of the Gray Forest Soil Moisture Level on the Accumulation of Pb, Cd, Zn, Cu in Spring Barley Grain. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24 (7). P. 285–292. (Scopus). DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/164747> (0,59 друк. арк., дольова частка 0,51 друк. арк. *Особистий внесок автора: проведено експериментальні дослідження, визначено вплив за суми опадів та штучного поливу ґрунтів на транслокацію важких металів у зерні ячменю ярого, підготовлено матеріали до друку*).

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

3. Разанов С.Ф., Разанова А.М., Піддубна А.М., **Гусак О.Б.** Інтенсивність накопичення важких металів у листковій масі та насінні розторопші плямистої за різного органічного удобрення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 20. С. 211-223. DOI: 10.37128/2707-5826-2021-16 URL: <http://forestry.vsau.org/en/num/1-20#about> (0,8 друк. арк., особистий внесок – 0,2

друк. арк. *Особистий внесок автора: проведено експериментальні дослідження, підготовлено матеріали до друку).*

4. Razanov S. F., **Husak O. B.**, Tkalic Y. I., Vradii O. I., Aleksieiev O. O., Verhelis V. I., Razanova A. M. Influence of soil moisture level on the translocation of plumbum and cadmium in the grains of winter cereals. *Agrology*. 2022 Vol. 5(4). P. 122–125. DOI: 10.32819/021119 (0,57 друк. арк., особистий внесок – 0,25 друк. арк. *Особистий внесок автора: проведено експериментальні дослідження, визначено вплив рівня зволоження ґрунтів на вміст і коефіцієнт накопичення та небезпеки свинцю й кадмію у зерні пшениці озимої та ячменю озимого, підготовлено матеріали до друку).*

5. **Гусак О. Б.** Вплив рівня зволоження ґрунтів на транслокацію Zn і Cu у зерно озимих зернових культур в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2. С. 181–191. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2 (0,6 друк. арк.).

Інші видання (тези доповідей)

6. Разанов С. Ф., **Гусак О. Б.** Вплив зміни клімату на вирощування зернових культур. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти: збірник тез IV Міжнародної науково-практичної конференції*. 21 квітня 2021 р. Київ. 2021. С. 165–167.

7. **Гусак О. Б.** Зміна клімату, наслідки та виклики в рослинництві. *Модернізація і наукові дослідження в Україні та світі: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції*. 14 липня 2021 р. Полтава. 2021. С. 31–33.

8. **Гусак О. Б.** Наслідки інтенсивного землеробство для злакових культур. *Соціально-економічний розвиток у контексті викликів сьогодення: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. 8 жовтня 2021 р. Одеса. 2021. С. 97–99.

9. **Гусак О. Б.** Накопичення важких металів у зерні злакових культур за різного періоду вегетації в умовах зміни клімату. *Grundlagen der modernen wissenschaftlichen forschung: zu den materialien der II Internationalen*

wissenschaftlich-praktischen konferenz. 12.08.2022. Zürich, Schweiz. 2022. P. 100–101.

10. Дидів А. **Гусак О.** Накопичення важких металів у зерні злакових культур в умовах Правобережного Лісостепу України. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXIII Міжнародного науково-практичного форуму. 04–06 жовтня 2022 р. Львів. 2022. С. 210–212.

11. **Гусак О. Б.** Вплив різного періоду вегетації на накопичення важких металів у зерні злакових культур в умовах зміни клімату Лісостепу Правобережного. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти*: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. 15 листопада 2022 р. Київ. 2022. С. 149–152.

12. **Гусак О. Б.** Вплив рівня зволоження ґрунтів на інтенсивність накопичення у зерні озимих зернових культур Zn і Cu. *Vin Smart Eco*: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. 18–20 травня 2023 р. Вінниця. 2023. С. 231–234.

13. **Гусак О. Б.** Вплив рівня зволоження ґрунтів на транслокацію Pb і Cd у зерно озимих зернових в умовах Лісостепу правобережного. *Екологічний стан навколишнього середовища та раціональне природокористування в контексті сталого розвитку*: матеріали VI-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 26–27 жовтня 2023 р. Херсон. 2023. С. 51–55.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	17
ВСТУП.....	18
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА ТА РЕГУЛЮВАННЯ ТОКСИКО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗЕРНА ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР (ЯЧМІНЬ, ПШЕНИЦЯ)	25
1.1. Загальна характеристика зерна злакових культур (пшениця, ячмінь)	25
1.2. Фактори, що формують врожай та якість і безпеку зерна злакових культур.....	31
1.3. Техногенне навантаження на ґрунт та продукцію рослинництва за інтенсивного землеробства	39
1.4. Наслідки забруднення харчової сировини важкими металами та заходи щодо підвищення якості рослинної продукції	47
Висновки до розділу 1	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1.....	55
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, МЕТОДИКА ТА ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	77
2.1. Природно-кліматичні умови Лісостепу Правобережного	77
2.2. Умови проведення досліджень	83
2.3. Програма, схема та методика досліджень	94
Висновки до розділу 2	105
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2.....	106
РОЗДІЛ 3. НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ЗЕРНОМ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР ЗА ІНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА, В СУЧАСНИХ ПРИРОДНОКЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБРЕЖНОГО	110

3.1. Оцінка інтенсивності накопичення важких металів у зерні злакових культур вирощених у різних господарствах в умовах Вінниччини	110
3.2. Інтенсивність накопичення важких металів зерном злакових культур залежно від їх озимих та ярих форм.....	118
3.3. Урожайність і накопичення важких металів зерном озимих та ярих злакових зернових культур за різного зволоження ґрунтів	125
3.4. Урожайність і накопичення важких металів зерном ярих злакових зернових культур за різного зволоження ґрунтів	135
3.5. Вплив мінерального удобрення ґрунтів у зерні озимих злаків на врожайність та інтенсивність накопичення свинцю, цинку та міді в умовах Лісостепу Правобережного	145
Висновки до розділу 3	152
СПИСОК ВИКОРИСТОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3	153
РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	155
4.1. Економічна ефективність досліджень.....	155
4.2. Екологічна ефективність досліджень.....	157
Висновки до розділу 4	160
СПИСОК ВИКОРИСТОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4	161
ВИСНОВКИ.....	162
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	165
ДОДАТКИ.....	166

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

в.п. – відсотковий пункт

га – гектар

ГДК – гранично допустима концентрація

ГТК – гідротермічний коефіцієнт

ДСТУ – Державний стандарт України

кг/га – кілограм на гектар

$K_{\text{нак.}}$ – коефіцієнт накопичення

$K_{\text{неб.}}$ – коефіцієнт небезпеки

м – середнє арифметичне

мг/кг – міліграм на кілограм

р. – рік

рр. – роки

СФГ – сільськогосподарське фермерське господарство

т/га – тонна на гектар

ФГ – фермерське господарство

Cd – кадмій

Cu – мідь

K – калій

m – похибка середнього арифметичного показника

N – азот

n – кількість зразків

P – фосфор

Pb – свинець

t – температура

Zn – цинк

% – відсоток

°C – градус Цельсія

ВСТУП

Актуальність теми. Якість рослинної сировини харчового спрямування як в Україні так і в цілому світі є важливим компонентом продовольчої безпеки.

У зв'язку із підвищенням потреби людства в продуктах харчування внаслідок збільшення чисельності населення та посилення техногенного навантаження на сільськогосподарські угіддя виникає потреба у постійних пошуках способів збільшення виробництва сільськогосподарської продукції та підвищення її якості і безпеки.

Загально відомо, що безпека рослинної продовольчої сировини залежить від цілого ряду факторів, зокрема природньо-кліматичних і техногенних, які є непостійними та мають особливість змінюватися, впливаючи на трансформацію хімічних речовин у системі ґрунт-рослини та їхньої продукції. Також за останні тридцять років у зоні Лісостепу України помітно підвищилася температура навколишнього середовища та знизилася кількість опадів з нерівномірною інтенсивністю випадінь.

За цей період суттєво підвищився техногенний вплив на ґрунти сільськогосподарських угідь, спричинений інтенсифікацією галузі землеробства. Характерним для якого є високий рівень хімізації (використання засобів боротьби з бур'янами, шкідниками, хворобами рослин та їх подальшого удобрення ґрунтів).

За цього рівня інтенсифікації галузі землеробства в ґрунти надходить цілий ряд токсичних речовин, які впливають на біохімічні процеси ґрунту, а також на трансформацію речовин у рослини.

Ринкова економіка сучасного сільськогосподарського виробництва базується на системі землеробства, основою якої є мінеральне живлення злакових культур. Хімізація, як елемент інтенсифікації, є головним фактором підвищення врожайності, прибутку та рентабельності виробництва. Особливістю сучасного рівня розвитку галузі є те, що перспективи розвитку рослинництва мають бути спрямовані на оптимізацію пропорцій мінерального

живлення, які не мають порушувати природно-екологічний баланс, що передбачає вирощування екологічно чистої зернової продукції.

Наукові дослідження провідних українських та закордонних вчених, що зосереджені на вивченні безпеки та якості зернової продукції, зокрема: Г. Господаренко, В. Лихочвор, О. Дем'янюк, О. Бондарева, С. Разанов Е. Дегодюк, М. Городній, А. Польовий, О. Ткачук, С. Дутта, С. Балюк та інші у своїх працях неодноразово зазначають негативний вплив та інтенсифікацію землеробства, що впливає на екологічну безпеку довкілля, а саме забруднення зерна злакових культур важкими металами, пестицидами, радіонуклідами, нітратами, що в разі знижує екологічну безпеку та якість зернової продукції.

Вивчення дослідження механізмів поглинання важких металів зерновими культурами із забруднених ґрунтів набувають дедалі більшого значення, оскільки міграція цих токсикантів у зерні злакових культур сприяє надходженню їх харчовим шляхом в живі організми, зокрема і людини викликаючи цілу низку порушень та важких захворювань Тому на даному етапі розвитку людства основним залишається вирішення питання продовольчої проблеми в умовах екологічної безпеки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно із науковими дослідженнями Вінницького національного аграрного університету та є складовою завдання науково-дослідних робіт Вінницького національного аграрного університету за темою «Оптимізація способів підвищення якості і безпеки продукції рослинництва в умовах забруднення сільськогосподарських угідь Вінниччини різними токсикантами зумовленого інтенсифікацією галузі» (державний реєстраційний номер 0121U109037, 04.2021–11.2024 рр.), у межах якої автором вивчено інтенсивне накопичення свинцю, кадмію, цинку і міді у зерні пшениці озимої, ярої й ячменю озимого, ярого за інтенсивного землеробства в природно-кліматичних умовах Лісостепу Правобережного.

Мета і завдання досліджень. Мета дослідження полягає у вивченні урожайності та інтенсивності накопичення свинцю, кадмію, цинку і міді зерном

озимих та ярих культур (пшениця, ячмінь) за техногенного навантаження на ґрунти в умовах інтенсивного землеробства, рівня їхнього зволоження, удобрення мінеральними добривами.

Для досягнення мети завдання дослідження містило:

- вивчити інтенсивність накопичення кадмію, цинку і міді у зерні зернових культур вирощених в умовах інтенсивного землеробства;
- дослідити вплив озимих та ярих форм вирощування зерна злаків на інтенсивність накопичення в ньому кадмію, цинку і міді;
- визначити вплив різного зволоження ґрунтів на урожайність та інтенсивність накопичення в зерні злакової продукції свинцю, кадмію, цинку і міді;
- встановити вплив мінерального удобрення ґрунтів на урожайність та інтенсивність накопичення в зерновій продукції свинцю, цинку, міді;
- визначити еколого-економічну ефективність результатів досліджень.

Об'єкт досліджень: процеси та явища безпеки зерна злакових культур вирощених за різного рівня зволоження ґрунтів та удобрення ґрунту мінеральними добривами в умовах інтенсивного землеробства Лісостепу Правобережного.

Предмет досліджень: інтенсивність накопичення та коефіцієнти накопичення і небезпеки свинцю, кадмію, цинку і міді у зерновій продукції (пшениця, ячмінь).

Методи досліджень: інформаційно-бібліографічний – збір, аналіз та узагальнення літературних даних за близькою тематикою; польовий – аналіз та комплексна оцінка агроекологічного стану ґрунтів задіяних під інтенсивне землеробство, вивчення взаємодії об'єкта з антропогенними чинниками (облік продуктивності агроценозів); лабораторний – визначення хімічного складу агроекологічних показників ґрунту та рослинницької продукції; хімічний – визначення агрохімічних властивостей і вмісту елементів у ґрунті, основної продукції агроценозів; статистичний – встановлення аналізу, достовірності отриманих результатів і зв'язків впливу різних чинників інтенсифікації

виробництва їх стан та наслідки рівня накопичення в зерні злакових культур важких металів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у вивченні урожайності та інтенсивності накопичення важких металів зерном злаків в умовах техногенного навантаження на сірі лісові ґрунти залежно від їх озимих та ярих форм за різного рівня зволоження ґрунтів та мінерального удобрення в природно-кліматичних умовах Лісостепу Правобережного. *Уперше* проведено оцінку якості зерна злакових культур за інтенсивністю накопичення важких металів залежно від озимих та ярих форм злаків, за різного рівня зволоження ґрунтів та за мінерального удобрення ґрунтів в умовах Лісостепу Правобережного. *Досліджено* вміст коефіцієнта накопичення та небезпеки свинцю, кадмію, цинку і міді у зерні озимих і ярих культур пшениці та ячменю. *Удосконалено* зниження вмісту свинцю, кадмію, цинку і міді у зерновій продукції одержаній в умовах інтенсивного землеробства Лісостепу Правобережного.

Набуло подальшого розвитку прогнозоване надходження свинцю, кадмію, цинку і міді у зерно пшениці та ячменю вирощеного за інтенсивного землеробства в кліматичних умовах Лісостепу Правобережного.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що впровадження у виробництво вдосконалило якість зерна пшениці озимої за рахунок зниження впливу на накопичення в ній таких токсикантів як свинцю, кадмію, цинку і міді в умовах Лісостепу Правобережного.

Практичне значення одержаних результатів мають впровадження у навчально-методичний процес і наукову роботу Вінницького національного аграрного університету. Положення дисертаційної роботи використовуються під час викладання навчальної дисципліни «Екологія та агроекологія», що має підтвердження (довідка від 22.05.2023 р. № 01.1-60-536) (дод. В 1).

Результати наукових досліджень були апробовані та впроваджені у виробництво в СФГ «Володимир» с. Шершні, Вінницької області (акт від 30.11.2023), на площі 92 га, впроваджено у виробництво результати досліджень

зі зниження концентрації важких металів у зерні пшениці озимої. У фермерському господарстві «Про-Харвест» с. Іванківці, Вінницької області (акт від 30.10.2023), за вирощування пшениці озимої на сірих лісових ґрунтах площею 47 га підвищили якість зерна пшениці озимої за рахунок зниження накопичення в ньому токсикантів. А також у ФГ «Зоря Василівки» с. Василівка Вінницької області (акт від 30.11.2023), на сірих лісових ґрунтах площею 75 га, впроваджений результат дослідження у виробництво забезпечив підвищення якості пшениці озимої (дод. В 2 – 4).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є результатом наукових досліджень дисертантки. Авторка розробила наукову концепцію, яка є основою наукової роботи, особисто зробила аналіз літературних першоджерел як вітчизняних так і зарубіжних. За участі дисертантки закладені польові та лабораторні дослідження згідно із схемами досліджень, виконано експериментальну частину та проведено її аналіз, проведено апробацію і впровадження у виробництво, сформульовано висновки та рекомендацію виробництву.

За темою дисертаційної роботи «Якість зерна злакових культур за інтенсивного землеробства в умовах зміни клімату Лісостепу Правобережного» опубліковано 13 наукових праць загальним обсягом 4,55 умовн. друк. арк. (власний доробок автора 3,25 умовн. друк. арк.), зокрема й 1,15 умовн. друк. арк. у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз Scopus, Web of Science та 1,05 умовн. друк. арк. у наукових фахових видання України та 1,05 умовн. друк. арк. в інших виданнях. Авторство у спільно опублікованих працях складає близько 78%.

Апробація результатів дисертації. Одержані результати досліджень оприлюднено й обговорено на IV Міжнародній науково-практичній конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти» Київ, 21 квітня 2021 р.; Всеукраїнській науково-практичній конференції «Реалізація Європейського зеленого курсу в Україні: погляд молодих вчених» Вінниця, 14–15 травня 2021 р.; Міжнародній науково-

практичній конференції «Модернізація і наукові дослідження в Україні та світі» Полтава, 14 липня 2021 р.; Міжнародній науково-практичній конференції «Соціально-економічний розвиток у контексті викликів сьогодення» Одеса, 8 жовтня 2021 р.; Всеукраїнській науково-практичній конференції «Розвиток аграрної науки в умовах змін клімату та діджиталізації землеробства» Вінниця, 9–10 червня 2022 р.; II Internationalen wissenschaftlichen und praktischen Konferenz teil «Grundlagen der modernen wissenschaftlichen forschung» Zürich, Schweiz, 12.08.2022; XXIII Міжнародному науково-практичному форумі «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій» Львів, 04–06 жовтня 2022 р.; V Міжнародній науково-практичній конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти» Київ, 15 листопада 2022 р.; III Міжнародній науково-практичній конференції «Vin Smart Eco» Вінниця, 18–20 травня 2023 р.; Всеукраїнській науково-практичній конференції «Аграрна галузь України в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку» Вінниця, 24–25 травня 2023 р.; VI-й Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічний стан навколишнього середовища та раціональне природокористування в контексті сталого розвитку» Херсон, 26–27 жовтня 2023 р (дод. Б).

Публікації результатів досліджень. Результати дослідження відображено у 13 друкованих працях, з-поміж яких 5 статей: 3 – у наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених до міжнародної наукометричної бази даних (Index Copernicus) 1 – у іноземному науковому фаховому виданні, що індексують у міжнародній наукометричній базі Scopus, 1 – в іноземному науковому фаховому виданні, що індексують у міжнародній наукометричній базі Web of Science, 8 тез доповідей на наукових конференціях (дод. А).

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 201 сторінці комп'ютерного тексту (із них основного тексту 118 сторінок), складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, та рекомендацій

виробництву, додатків, списку використаних джерел, що нараховує 223 найменувань, в тім числі латиницею. Робота містить 36 таблиць, 27 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ОЦІНКА ТА РЕГУЛЮВАННЯ ТОКСИКО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗЕРНА ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР (ЯЧМІНЬ, ПШЕНИЦЯ)

1.1. Загальна характеристика зерна злакових культур (пшениця, ячмінь)

Зернові культури, що належать до родини злакових у морфологічній будові органів мають багато спільного. Перш за все мичкувату кореневу систему, що розміщується на глибині до 40 см в орному шарі ґрунту, хоча деякі корінці проникають на глибину до 1,5–2 м. Стебло злакових рослин це соломину, що поділяється стебловими вузлами з перегородками на 5–7 міжвузлів [1].

Лінійні листки складаються з двох частин: нижньої піхви (охоплює стебло в трубчастій формі) і верхньої листкової пластинки. Між піхвою і пластинкою з внутрішньої сторони листа розташована щільно прилегла до стебла мембрана-язичок, що захищає його нижню частину від надходження води та проникнення хвороботвірних мікроорганізмів; із зовнішнього боку розташовані так звані вушка (ріжки), частково або повністю покривають стебло. Зернові культури пшениця та ячмінь утворюють тип суцвіття – колос, що складається з колосового стрижня, що ділиться на членики, де розміщується у пшениці один, а у ячменю три колоски, що складаються з квіток [1].

Плід злакових рослин називають зерном. Ячмінь – плівчастий злак, який утворює зерно, яке зверху вкрите квітковими лусками на відміну від зерна пшениці, зерно якої буває голим. Зерно складається з трьох основних частин: оболонки, зародка та ендосперму. Ендосперм зерна складається з двох шарів: зовнішнього шару, утвореного стінкою зав'язі, який називають околоплодником, і внутрішнього шару, утвореного стінкою зародка насіння, який називають насінневою оболонкою [1].

З часів одомашнення пшениці близько 10000 років у глобальній продовольчій безпеці вона займає одне із перших місць за значущістю серед

зерна злаків. П'яту частину харчових калорій і білка для населення світу забезпечує зерно пшениці озимої, ярої. Цю культуру щорічно висівають на площі близько 217 мільйонів гектарів і це є найпоширенішою культурою у світі. Враховуючи постійне зростання світового населення та потребу у вироблених продуктах харчування на основі пшениці існує постійна нагальна потреба у підвищенні обсягів виробництва зерна цієї культури для забезпечення глобальної продовольчої безпеки [2].

Користь пшениці на людський організм має беззаперечні факти. Білок – це основна складова пшениці. Усі процеси життєдіяльності людини пов'язані з білками, а замінити білок ніякою іншою сировиною у процесі харчування неможливо. Пшеницю найбільше цінують за клейковинний білок. А ендосперм пшениці містить білки, вуглеводи, залізо та вітаміни групи В, такі як: рибофлавін і ніацин. Він також містить розчинну клітковину, а також мікроелементи. Розчинна клітковина це провідне джерело рослинного білка в їжу людини, вміст білка становить близько 13%, що є відносно високим у порівнянні з іншими зерновими культурами [3–5].

У харчовій промисловості широкого використання набувають як м'які так і тверді сорти пшениці.

Звичайна пшениця або м'яка (*Triticum aestivum* L.) – найпоширеніший вид пшениці, також відомий як хлібна пшениця. Як правило, цей вид характеризують високим вмістом білка та клейковини. Ендосперм цього виду пшениці твердий або м'який. Зазвичай такий вид пшениці використовують для виготовлення печива, бісквітів і багетів [6].

Тверда пшениця має ще назву англійська (*Triticum durum* або *Triticum turgidum* subsp. *durum*) znana своїм яскраво жовтим кольором, надзвичайно твердим зерном і великим вмістом білка, має гарні якості для виготовлення хлібопекарних виробів. Саме тому її використовують для виробництва макаронної сировини, манних круп і майже не використовують для виробництва борошна. Тверда пшениця містить 27% сирої клейковини, це трохи більше ніж у звичайної пшениці [7].

За періодом і тривалістю вегетації розрізняють пшеницю озиму та яру. Тривалість вегетаційного періоду залежно від умов вирощування й температури у середньому в пшениці озимої становить від 190 до 210 днів. Пшеницю яру засівають у березні–квітні, а урожай збирають на початку серпня. Вегетаційний період пшениці ярої становить 90–120 днів залежно від клімату.

Важливою культурою серед зернових злаків є ячмінь. Характеризуючи ячмінь необхідно зазначити, що ця культура невибаглива до тепла і є найбільш посухостійкою серед зернових злаків. Насіння ячменю може проростати за температури 1–2 °С, а молоді сходи рослини витримують заморозки до -9 °С [8].

Зерно ячменю містить 12% білка, 75% вуглеводів, 11% пентазонів, 2% сахарози, 5,5% клітковини, 2,0% жиру, 3% золи, а також ферменти та вітаміни. Протеїн ячменю помірної розчинності та задовільного амінокислотного складу (1 кг зерна містить 5,5 г лізину, 1,7 г триптофану, 2 г метіоніну, 1,9 г цистину). Порівняно з пшеницею у зерні ячменю міститься майже в два рази більше незамінної амінокислоти лізину [8].

В Україні віддавна ячмінь вирощують як продовольчу та кормову культуру. Попри те, що ця культура в світі має широке видове розмаїття, в Європі, зокрема і в Україні, поширені лише два підвиди культурного ячменю ярого: *Hordeum vulgare* – багаторядний та *Hordeum distichum* – дворядний, які належать до роду *Hordeum*.

Але більшість сортів ячменю, вирощуваних в Україні, належить до підвиду дворядного ячменю (у нього зерно більш вирівняне) різновиду *nutans* (остисті форми). Основна особливість будови колоса ячменю полягає в тому, що у нього, на відміну від усіх інших колосових хлібів, на кожному уступі колосового стрижня є три колоски, тоді як у інших колосових хлібів – тільки один. В одних форм ячменю розвиваються і плодоносять усі три колоски, в деяких – тільки один, в інших – від одного до трьох колосків. З урахуванням цих особливостей вид *Hordeum sativum* розподіляють на три підвиди ячменю:

багаторядний (шестирядний) – у нього на уступі колосового стрижня є три плодоносних колоски;

дворядний – має один плодоносний колосок на уступі колосового стрижня. У цього підвиду бічні колоски залишаються безплідними (не утворюють зерна), тобто з кожного боку колосового стрижня утворюється по одному вертикальному ряду зерен, а всього на колосі два ряди, що і пояснює його назву;

проміжний – на уступі його колосового стрижня міститься від одного до трьох плодоносних колосків (цей підвид зустрічається дуже рідко) [9].

Ячмінь ярий та озимий мають різні вегетаційні періоди дозрівання. Тривалість вегетаційного періоду залежно від умов вирощування та температури у середньому ячменю ярого потрібно приблизно 95 днів, його також можна вирощувати в прохолодних регіонах. Ячмінь озимий потребує вищих температур і має вегетаційний період приблизно від 230 до 290 днів. Обидва різновиди можна відрізнити за різними вушками. Зерна розташовані в два, чотири або шість рядів. Ячмінь ярий має переважно два ряди, а озимий – чотирирядний. Його також найчастіше вирощують через високий вміст протеїну і тому дуже добре підходять для виробництва кормів. Ячмінь ярий містить більше вуглеводів, що робить його привабливим для пивоварень і лікєро-горілчаних заводів. Ячмінь також містить високу частку целюлози, оскільки його зерна мають лушпиння.

В умовах сучасного економічного розвитку неодноразово, у своїх роботах досліджували питання створення стандартів і класифікації зерна злакових культур провідні українські вчені: Л. О. Симоненко [10], М. Д. Гінзбург [11], З. І. Глупак [12], І. І. Савенко [13], Б. В. Гриньов [14], С. В. Литвинська [15] та інші.

Паралельно такі вчені як: І. В. Клименко [16], Т. Л. Шелстаковська [17], О. Я. Лотиш [18] висвітлюють проблеми аналізу експорту якісних зернових культур України, в інші країни світу, під час підготовки до введення в дію

положень про створення розширеної зони вільної торгівлі між ЄС та Україною в умовах сучасних інтеграційних процесів.

Важливим заходом у процесі виробництва зерна злаків є встановлення якості та безпека згідно з чинними стандартами з використанням нинішнього в країнах Європи методом визначення показників якості та безпеки зерна. В основу класифікації якості зерна в Україні покладене його цільове використання, яке засноване на вмісті у ньому сирої клейковини. Українські виробники та споживачі визначають якість зерна за класами. Зокрема пшениця 1–3 класів має високий вміст клейковини не менше 18%, вміст білка не менше 11%, натура не менше 730 г/л та число падіння не нижче 150 с і використовують його на борошномельні та хлібопекарські цілі. В країнах ЄС під час оцінювання якості зерна враховують його потенційні можливості певного спектру використання, умовно поділяючи зерно на три групи: м'яка пшениця широкого кола застосування, борошномельна та фуражна. Обов'язковими показниками якості, які висувають до зерна в країнах ЄС є вологість (не вище 14,5%), вміст домішок, натура, число падіння (не нижче 220 с), вміст білка та скловидність для твердої пшениці. Вміст клейковини лежить в основі класифікації зерна пшениці лише для Угорщини та Австрії. Слід враховувати, що абсолютно зіставляти показники якості зерна в Україні та країнах Євросоюзу неможливо, оскільки існує різниця у методиці їх визначення [19–21].

У процесі експорту зернових культур з України до країн Євросоюзу та інших країн світу необхідно заздалегідь враховувати звичайні (середні) потенційні можливості використання експортного зерна і порівнювати якість зерна на основі вмісту в ньому білка або клейковини, рівня вологості, числа падіння і кількості смітцевої домішки. Встановлено, на основі даних Держкомстату, що ефективність українського експорту зернових у порівнянні з ЄС в середньому для пшениці складає 47 %, ячменю – 22 %, кукурудзи – 52 %, тобто для українського ринку зернових найбільш перспективним є ринок ЄС, але його активізація та перспективи росту потребують від України

впровадження певних заходів та механізмів. Якість будь-якого виробництва не можна покращити без впровадження нових інноваційних світових технологій. Тому необхідно розвивати як своє сільськогосподарське виробництво зернових культур так і запозичувати нову техніку та агротехнології передових країн світу. Розвиток міжнародної торгівлі вимагає єдиного підходу до оцінки якості продукції, її характеристик, вимог до маркування, зберігання, транспортування та безпеки [19–21].

У зв'язку з підписанням економічної частини Асоціації з Європейським Союзом Україна має повністю адаптувати чинні національні стандарти до стандартів, прийнятих на території Євросоюзу. Відповідність продукції Директивам і гармонізації стандартів ЄС – досить висока оцінка якості, що має заслужений авторитет на торгових ринках багатьох країн. На сьогодні сертифікація українського зерна не є обов'язковою для його реалізації в Україні. Просто достатньо провести аналіз партії зерна на відповідність вимогам стандартів і цим самим виробник доводить, що продукція є якісною. Обов'язковим проходженням для сертифікації зерна є необхідними умовами його країни у процесі реалізації до Європейського Союзу. Для отримання преференційного доступу на ринок ЄС у рамках Поглибленої та всеосяжної зони вільної торгівлі необхідно підтвердити підсумковий товар з України та отримати сертифікат EUR.1. Основні аналізи методик визначення основних показників якості [12, 22].

Тому дуже важливо під час оцінювання партій зерна аналіз проводити тими самими методами, за якими це будуть робити закордонні покупці. У перспективі подальших досліджень провести порівняльний аналіз вимог до показників безпеки зернових культур в законодавстві ЄС, комісії Кодекс Аліментаріус і вітчизняних нормативно-правових актах. Державну політику в сфері стандартизації реалізують шляхом використання національних стандартів (ДСТУ), міждержавних стандартів, успадкованих від СРСР (ГОСТ), стандартів гармонізованих до стандартів ЄС (ДСТУ EN) і до міжнародних (ДСТУ ISO) [12, 22].

1.2. Фактори, що формують врожай та якість і безпеку зерна злакових культур

Важливою складовою виробництва зерна злаків є природно-кліматичні фактори (температура зовнішнього середовища, вологість, кількість опадів), агротехнічні фактори (родючий ґрунт, обробіток ґрунтів, догляд за посівами, сівозміна) [23–32].

За результатами дослідження Н. М. Гаврилюк [33], Л. Д. Гончарова [34], А. Б. Семергей-Чумаченко [35], М. І Штакал [36], що систематично порушують питання зміни клімату, що безпосередньо пов'язано зі зміною погоди та змінами в атмосфері протягом багатьох століть.

Ці зміни мають негативний вплив на зернову галузь сільськогосподарського виробництва. Це нерегульовані сильні дощі, посуха та нестабільні температури, засолення, неродючі ґрунти та спалахи комах-шкідників, які загрожують природному життєвому циклу та руйнівню впливають на навколишнє середовище. Це негативно впливає на якість та урожаї зернових культур в сільському господарстві та в майбутньому загрожує продовольчій безпеці [37–41].

Питання зміни клімату на планеті розглядалося у 2022 р. на міжнародній кліматичній конференції ООН (COP26) в якій взяли участь близько 200 країн. Метою конференції було підготувати та обговорити заходи щодо недопущення підвищення середньої температури на планеті не більше півтора–двох градусів за Цельсієм. Підвищення середньої температури на планеті ще на два градуси за Цельсієм призведе до незворотних наслідків на всі геосистеми, біорізноманіття, біотичні та водні ресурси: зміни температури в різних частинах світу, вологість повітря, швидкість вітру, атмосферні опади тощо і це призведе до того, що людство опиниться на межі катастроф, це буде сприяти таким наслідкам як: спека, посухи, великі опади / повені, урагани, голоду людства тощо. Клімат на Землі має накопичувальний ефект та змінюється останнім часом до прогресивного систематичного руйнування, наслідки цих

змін можуть стати причиною незворотних процесів. Якщо нехтувати планом ООН щодо глобального потепління, то тенденція глобального потепління стане частішим та інтенсивнішим, що ставить серйозну загрозу всій планеті, людству та Європейським країнам до 2060 р. Президент США Джо Байден пообіцяв провести заходи щодо зменшення парникових газів своєї країни на 50–52% в порівняно з 2005 р. На рівні кожної країни повинні бути створені плани дій щодо зменшення забруднення навколишнього середовища та досягнення вуглецевої нейтральності для збереження людства на планеті Земля [42–44].

За останні роки в Україні спостерігається збільшення розораності ґрунтів і на сьогодні становить 53,9% до загальної площі території нашої держави й перевищує показники США та ЄС. Україна є однією із головних експортерів сільськогосподарської продукції, тому повинна мати стратегію щодо збільшення ринків збуту сільгосппродукції і водночас зберігати свої природні ресурси та довкілля. Необхідно зуміти після наслідків війни відбудувати та розвивати агропромисловий комплекс і посилення конкурентоспроможності на світовому ринку, зберегти й підвищити стабільні обсяги валових зборів сільгосппродукції на підприємствах різних форм власності [42].

Незворотні наслідки щодо танення льодовиків призводять до: скорочення площі білого покриву від 20–50% сонячної радіації й це призводить до збільшення площі океану до 95% і до більших змін клімату планети та зникнення багатьох островів (Мальдіви, Фіджі, Канарські та ін.); таненню вічної мерзлоти і вивільненню поступово CO₂ який разом з метаном (CH₄) спонукає у 84 рази збільшенню CO₂, закис азоту N₂O; збільшення теплових хвиль у Німеччині до +41,7 °С, Франції до +42,6 °С, Бельгії до +41,8 °С (2019 р.), Літонні, Канаді до +49,0 °С (2021 р.), Франції до +40–43 °С, Португалії до +40 °С (2022 р.), що може призвести до пожеж та стане наслідком зникнення біорізноманіття, міграції людей, змін у їхньому здоров'ї [42].

Парниковий ефект – це нормальне природне явище, що затримує сонячну енергію у вигляді молекул різних газів на поверхні атмосфери планети, тим самим перешкоджає її поверненню в космос, що супроводжує підвищення

температури поверхні. А ще промисловість працює на вугіллі, нафті, газу таким способом збільшуючи концентрацію парникових газів в атмосферу у вигляді CO_2 і за останні роки підвищила вміст CO_2 з 280 ppm до 400 і більше ppm (рис. 1) [42].

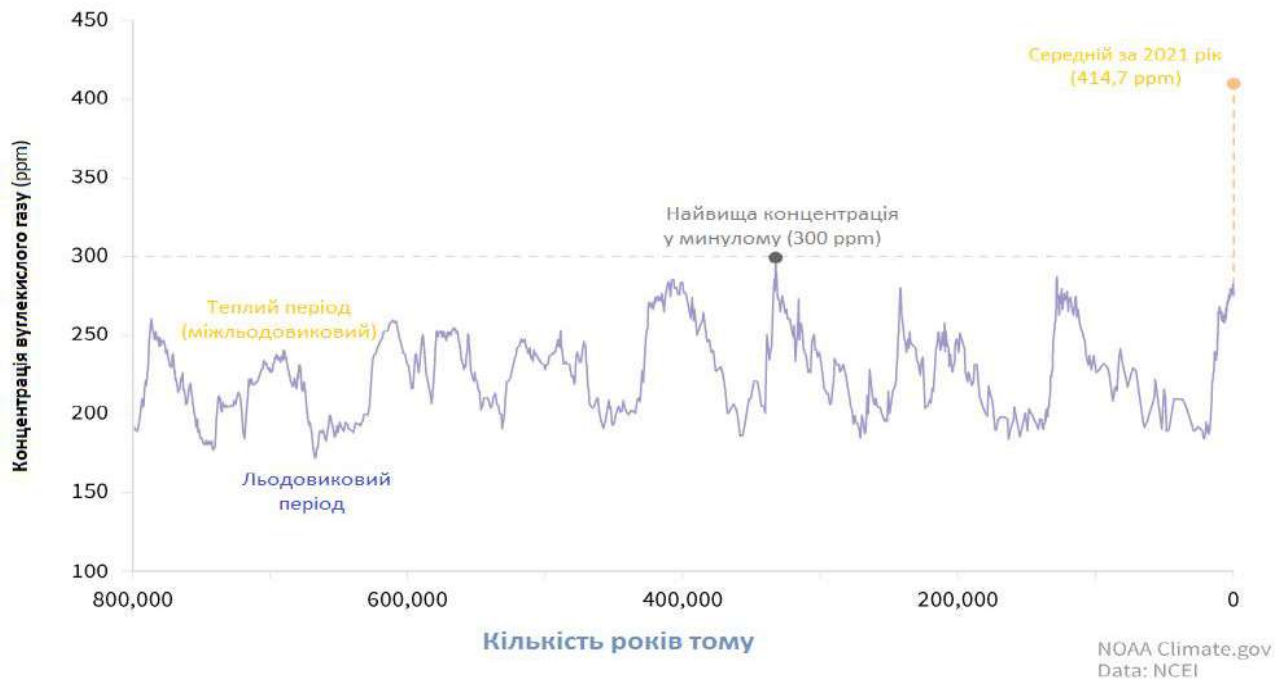


Рисунок 1.1. – Концентрація CO_2 за останні 800000 років на Землі [42]

Науковці Г. М. Калетник [45], О. В. Кириленко [46], Б. І. Басок [47], у своїх роботах неодноразово висвітлюють результати досліджень щодо еволюції світового енергоспоживання, проводили огляди антропогенних і сонячно-земних чинників впливу на глобальне потепління. Досліджували систематичність підвищення з середини ХХ століття глобальної приземної температури – показників кліматичних систем нашої планети. Описували та пояснювали посилення парникового ефекту як наслідок підвищення концентрації в атмосфері Землі парникових газів. Поряд з антропогенною концепцією глобального потепління розглядають і природну концепцію, в якій вважають, що все ж таки визначальними факторами підвищення приземної температури є природні, пов'язані з космогенноциклічними процесами, сонячно-земною взаємодією (обертання Землі навколо Сонця, прецесія осі

обертання Землі, цикли сонячної активності та ін.). Показано, що є й підходи, які міняють місцями причини та наслідки потепління, як-от: зміни атмосферної концентрації діоксиду вуглецю що є наслідком глобальних змін температури планети, а не їхня причина. Прогрів Світового океану призводить до зменшення розчинності CO₂ у воді та викиду його надлишку в атмосферу. Та, вивчаючи прискорення танення льодовиків Арктики, Гренландії, науковці в своїх працях пов'язують процес аридизації клімату всієї Східної Європи, України з Гольфстрімом [46, 48].

Найнебезпечніші у світі антропогенні чинники синтетичні, хімічні речовини є наслідками діяльності людини. Щорічно у всьому світі викиди вуглекислого газу, метану, закису азоту складають від 6 до 7 млрд. тон в атмосферне повітря, які посилюють парниковий ефект. Для досягнення кліматичної нейтральності у світі до 2030 р. Євросоюз має амбітні плани щодо скорочення CO₂ на 40–45%, а до 2050 досягти нульового рівня. Для цього країни ЄС Польща, Чехія, Угорщина вимагають більшої фінансової підтримки для переорієнтування їхньої вугільної енергетики на виробництво електроенергії з відновлюваних джерел. Згідно із Кіотським протоколом (1997 р.) та Паризькою угодою (2015 р.) відповідальність на переорієнтування, модернізацію, реконструкцію вугільної, газової, теплової енергетики, яка шкодить навколишньому середовищу, і у такий спосіб змінює клімат планети повинні нести розвинені країни. Данія найкращий приклад у світі щодо захисту довкілля від парникових викидів [46–47].

З вересня 2020 року КМ України прийняв постанову «Про затвердження Порядку здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів» щодо моніторингу, звітності та верифікації парникових газів, який передбачає такі кроки: перелік видів діяльності, викиди парникових газів у результаті здійснення моніторингу, звітності, верифікації, порядок здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів, порядок верифікації звіту оператора про викиди парникових газів [49, 50].

За останні роки Україною багато зроблено щодо скорочення парникових викидів згідно із Паризькою кліматичною угодою (НВВ2) і взято зобов'язання щодо скорочення парникових газів на 65% до 2030 р. проти 1990 р. і досягнення кліматичної нейтральності до 2060 р. Цей комплексний кліматичний документ (НВВ2) є метою, стратегією декарбонізації України до 2030 р. Вступ в ЄС надасть великі можливості для приєднання / співпраці до компанії «Відкриваємо зелений потенціал разом» відповідно до напрямків, викладених у Постанові КМ України «Про утворення міжвідомчої робочої групи з питань координації подолання наслідків зміни клімату в рамках ініціативи Європейської Комісії «Європейський зелений курс» [51].

До повномасштабної війни Україна взяла напрямок доведення обсягу виробленої ВДЕ електроенергії понад 11% від загального обсягу, але він був фрагментарний і поверхневий через недостатнє фінансування. Наслідки війни, які нанесені рф енергобалансу України вкрай важкі, але після перемоги в нас буде можливість перебудувати / моделювати АЕС, побудувати нові альтернативні джерела енергії: вітряні, водяні та сонячні, біотичні джерела енергії, перебудувати, реконструювати нові альтернативні ТЕЦ для того, щоб відбулася декарбонізація із використанням біомаси, все це надасть Україні великі біоенергетичні можливості сільськогосподарського сектору та сектору відходів і так зменшить викиди парникового газу в атмосферу. В промисловій галузі у рамках НВВ2 – EUR 37 млрд. до 2030 р. сприятимуть зменшенню викидів більше як на 16% до 2030 р. Через війну з рф багато автотранспорту вкрадено, пошкоджено під час бойових дій і тому до 2030 р. український автотранспорт працюватиме на ВДЕ. Після відбудови багатьох міст, регіонів опалення відбудованих будівель було заплановано щодо скорочення викидів парникових газів в атмосферу [46, 52].

За останній період з 1990 по 2019 рік в Україні, в порівнянні з іншими розвинутими країнами, показник викиду парникових газів скоротився з 15 219 тон до 4 485 тон на душу населення і складає – 0,61% в порівнянні з Китаєм – 27,92%, США – 14,5%, країнами ЄС – 8 % (рис. 2) [53].



Рисунок 1.2. – Ситуація у світі щодо парникових газів та об'єм викидів у порівнянні з Україною, 2019 р., % [53]

Зміна клімату на планеті спричиняє виникнення в біотичних компонентах геосистем (біоценозах) стресів, що впливають на зниження стійкості посівних сільськогосподарських культур, поширення шкідників і хвороб у рослин та спонукає випередженню можливостей біологічних видів щодо адаптування змінення умов середовища, а це негативно впливає на життєвість і збереження видів та збіднення біорізноманіття [43, 54–56].

Головне і надзвичайно важливе для людей у всьому світі питання зміни клімату, що може призвести до світової зернової кризи, порушують у статтях таких науковців як: А. М. Польовий [57], Я. І. Гадзало [58]. Клімат у всьому світі змінюється і основною причиною підвищення температури є індустріалізація. Крім того, клімат впливає на виробництво сільськогосподарських культур, на ціни на продовольство та інфраструктуру в ланцюжку постачання. Зміна кількості опадів може призвести до посухи або повеней, а підвищення температури поступово змінює сезони вегетації. У поточному столітті середня температура на нашій планеті підскочить з 2 до 4,5 °С. Зміни кількості опадів і температурних коливань загрожують розвитку сільського господарства та підвищують вразливість засобів до існування людей,

які залежать від сільського господарства. Зміна клімату втручається в продовольчі ринки, створюючи загрози для всього населення [59–60]. Загрози можна мінімізувати за рахунок підвищення адаптивної здатності фермерів і підвищення стійкості та ефективності використання ресурсів у сільськогосподарських системах. У той час як агроекологічні підходи (такі як: диверсифікація культур, землеробство з низьким обробітком землі, сидерати, органічні добрива, бактерії, що фіксують азот, біологічна боротьба зі шкідниками, збір дощової води, а також вирощування сільськогосподарських культур і худоби способами, що накопичують вуглець і зберігають ліси) обіцяють підвищити врожайність продовольча безпека може значно покращитися в країнах, що розвиваються, шляхом посилення політики та інвестиційних реформ. Зміна клімату може вплинути на якість, доступ і доступність їжі. Адаптація повинна сприяти управлінню всіма рівнями продовольчої безпеки, як міськими, так і сільськими, від фермера до споживача. Заходи від громади до міжнародного рівня мають бути залученими. Крім того, багато індивідуальних зусиль дають натхнення та корисні методи, але підтримці та покращенню продовольчої безпеки можуть перешкоджати інституційні, економічні та екологічні фактори. Потрібно буде розвивати інноваційні підходи до виробництва, доставки та зберігання зернових продуктів [61–62].

За результатами багаторічних досліджень А. М. Польового [57], щоб задовільнити фітосанітарний стан посівів озимих зернових культур застосовують пізні строки сівби (I–II декади жовтня), що також беззаперечно впливає на якісні та гарні врожаї. Досліди І. М. Семеняка [63] показують, що у менш посушливі роки зерно пшениці містить вищу кількість білка, але слід відзначити, що у процесі зменшення запасів вологи в ґрунті, зростання вмісту білка зберігається до тих пір, поки їхнє значення в метровому шарі становить не менше 70–80 мм. У подальшому зменшенні запасів вологи формується дрібне та щупле зерно, що негативно впливає як на урожай, так і на низку технологічних показників (натура зерна, вихід борошна та ін.). Особливо чітко

це проявляється за умов низької відносної вологості повітря і підвищеного температурного режиму в період наливу зерна [63].

Гарний урожай зернових культур залежить від низки інших факторів, що впливають не лише на продуктивність цих культур, але й безпосередньо на їхню якість. Якість зерна злакових культур здебільшого залежить від генетичного потенціалу сортів, ґрунтово-кліматичних умов, режиму внесення добрив, періоду та методу збирання злакових культур, транспортування та відповідних умов зберігання [64–65].

Підвищення врожайності, збільшення виробництва зерна та покращення його якості, а також зниження собівартості сільськогосподарської продукції важко переоцінити. Без відмінних сортів, які відповідають усім основним сучасним потребам сільськогосподарського виробництва, неможлива повною мірою науково-технічна революція в сільському господарстві [66–69].

Для накопичення клейковинних білків мають бути теж сприятливі умови – це достатня забезпеченість вологою та температура повітря не вища $+26 - +28$ °С, а для якості клейковини – $+30 - +32$ °С і більше. Дослідження В. М. Починка [70] свідчать про те, що за температури $+40$ °С і вище та відносної вологості 20 % швидко завершується розвиток зерна та різко гальмується подальше надходження в рослину поживних речовин, загальна врожайність зменшується. Це призводить до зменшення маси зерна, що супроводжується зниженням врожайності та якості зернових культур. У той же час клейковина стає крихкою через коагуляцію білка клейковини.

На якість зернових культур і врожай безпосередньо впливає його обмороження. Найбільша шкода від заморозків може бути в період молочної фази або фази молочної воскової стиглості. Наслідком цього є зморщення та деформація зерна, набуття ним різних відтінків зеленого кольору, вага 1000 зерен одразу знижується. Одразу знижується клейковина цього зерна, вона стає крихкою, темною на колір і має погану еластичність. Хліб з цього зерна невеликий за розміром, має липкий і нееластичний м'якуш з товстими та великими порами й трав'янистий або солодовий смак [70].

Дослідження свідчать про те, що перестоювання пшениці на корені протягом 10–12 діб, а також тривале перебування у валках за несприятливих умов, призводять до істотного погіршення показників якості [63].

І. М. Семеняка [63] доводить, що негативно впливає на зернові культури і висока температура в післязбиральний період (вересень, жовтень) температура зовнішнього середовища довгий час не знижується до достатнього рівня. За таких умов фізіологічні процеси у зерні в складських приміщеннях не припиняються. Достатньо інтенсивно проходять процеси дихання і зерно втрачає запаси речовин. Окрім виділення CO_2 у процесі дихання виділяється велика кількість води, частина якої потрапляє у повітря, а частина осідає на поверхні зерна та зволожує його. Це призводить до посилення дихання та до самозгрівання. Тому зростає важливість забезпечення відповідного температурного режиму під час зберігання зерна [63].

Найбільші втрати зерна та погіршення його якості відбуваються внаслідок розвитку мікроорганізмів і процесів дихання, які залежать переважно від температури й вологості зернової маси. Інтенсивність процесів дихання пшениці з підвищенням температури від 20 до 30 °С зростає втричі, а із збільшенням вологості з 18 до 26% – у п'ять разів. Втрати зерна, зараженого цвіллю, порівняно із здоровим, залежно від вологи зростають у 2–10 разів, а подекуди – і до 30 разів [71].

1.3. Техногенне навантаження на ґрунт та продукцію рослинництва за інтенсивного землеробства

У своїх дослідженнях науковці А. М. Орел [72], С. А. Балюк [73], Т. Я. Іваненко, [74], В. М. Писаренко [75], Т. С. Одарюк [76], С. Ф. Разанов [77], В. В. Лихочвор [78], О. П. Ткачук [79] доводять, що інтенсивна традиційна система землеробства, яка передбачає багатократну обробку ґрунту, використання мінеральних добрив, значну розораність схилів зумовили погіршення навколишнього середовища, виникнення водяної та вітрової ерозії,

які негативно впливають на родючість ґрунту, що також вимагає реалізації ефективних заходів боротьби з ними.

Збільшення щорічно у сільськогосподарських землях важких металів призводить до накопичування токсикантів у харчовій сировині, рослинного й тваринного походження, що шкідливо впливає на здоров'я людини навіть у перебільшеннях відносно низьких концентрацій завдають алергічну, токсичну, мутагенну, канцерогенну, гонадотропну дію. Важкі метали в довкіллі за надмірної кількості поведуться як токсиканти (вплив на організм) та екотоксиканти (на організм і на екосистему загалом). В організм людини важкі метали потрапляють від 40–80% шляхом поїдання рослин, з водою і повітрям до 20–40%. Особливо важкі метали забруднюють навколишнє середовище через промислову галузь: чорна й кольорова металургія, гірничодобувальні комплекси, електротехнічне виробництво, скляне й керамічне виробництво тощо [80–84].

Особливо землі, які межують з великими промисловими підприємствами забруднені такими важкими металами як: свинець, кадмій, ртуть, хром, миш'як, цинк тощо). Всі ці мікроелементи належать до «критичної групи речовин – індикаторів стресу довкілля». До небезпечних сільськогосподарських угідь в Україні належить до 1606 тис га. За вмісту свинцю до 2–3 г на 1 кг ґрунту, ґрунт вважають мертвим і небезпечним для вирощування сільськогосподарських рослин [85–88].

Важкі метали мають властивість переміщуватися активно (метаболічним шляхом) або пасивно, пов'язаних плазмодесмами за допомогою дифузії, накопичуватися і мають низьку швидкість самоочищення ґрунту та зберігатися тривалий час, а за насичення ґрунту поллютантами вода, водойми, корми тварин, продукти харчування людини стають джерелом вторинного забруднення. Процес міграції у систему ґрунт-рослина важких металів залежить від багатьох факторів: концентрації їх рухомої форми у ґрунті, кліматичних умов, типу ґрунту, від відстані промислових об'єктів, від несанкціонованих місць твердих відходів тощо. На жаль, сучасна технологія не передбачає видалення важких

металів у готовій харчовій продукції в Україні так і у всьому світі і це потребує нових досліджень даного питання [89–93].

Значних матеріальних витрат потребує процес виведення з ґрунту надлишків важких металів і як альтернатива є культивування на забруднених ґрунтах рослин. Деякі рослини, які здатні накопичувати в собі у великих кількостях важкі метали, і їх використовують для біологічного очищення ґрунтів. Так, *Thlaspi caerulescens* використовують для гіперакумуляції цинку на 1 кг біомаси накопичує більше 10 г цинку, *E.splendens* у Китаї використовують для гіперакумуляції міді, *Sedum alfredii* для цинку й кадмію і цей процес не шкодить екології, а навпаки покращує стан довкілля [94].

До початку війни була велика проблема економічної експансії російського постачання неякісних мінеральних добрив в обхід санкцій РНБО, КМ України згідно із Постановою КМ України «Про внесення змін до переліку товарів, заборонених до ввезення на митну територію України, що походять з Російської Федерації» № 535 від 15.05.2019 р. Нетрадиційні добрива, які виготовляють з різних неякісних відходів мають високу концентрацію забруднювальних речовин, наявністю токсичних домішок, недосконалістю технологій виробництва та застосування добрив [95].

Використання у високій кількості мінеральних добрив та пестицидів приводить до збільшення миш'яку, цинку під час використання фосфорних добрив, збільшення в ґрунті та сільськогосподарських рослинах кальцію та магнію у процесі внесення в ґрунт калійних добрив, збільшення свинцю та міді під час використання гною [96, 97].

Для зменшення кількості орних земель до 24% від загальної площі території необхідно підвищити врожайність сільськогосподарських рослин за допомогою підвищення родючості ґрунтів за допомогою запобігання водної кризи, боротьби зі шкідниками, використання продуктивніших сортів і гібридів, меліорації земель і освоєння раціональних сівозмін [98–99].

Науковці акцентують увагу, що кожен аграрій в першу чергу має вирішувати важливу проблему – збереження родючості ґрунту, як основного

засобу сільськогосподарського виробництва. Вироблена зернова продукція має відповідати найвищим стандартам екологічної чистоти. За таких умов мають бути враховані зменшення ресурсних витрат. Саме через це основою створення зрівноваженого польового зерновиробництва має бути співпраця процесів і змін в екологічному та економічному ланцюгах виробництва. В пріоритеті лише екологічно чистої продукції, втрачається можливість економічного відтворення. З іншого боку, продовження неконтрольованого використання ресурсів агроєкосистем, щоб одержати дешеву продукцію, призведе до подальшого розвитку процесів деградації навколишнього середовища. Досліди учених доводять, що насамперед це стосується земельних ресурсів, погіршення їхньої родючості. На жаль, цей процес в Україні за останні роки все більше посилюється [100].

Через кліматичні зміни та екстремальні погодні умовами, що стали причиною скорочення сільськогосподарських угідь і знижується якість сільськогосподарського виробництва. Та, зважаючи на великі економічні переваги, які стають актуальніші з часом і характеризуються безперервним вирощуванням культур, що призводить до більш інтенсивного землекористування у виробничих системах та посилює кліматичні проблеми й негативний вплив на якісне сільськогосподарське виробництво. Можемо зробити висновки, що важливість удосконалення стійкості систем вирощування сільськогосподарських зернових культур до зміни клімату тепер набагато очевидніша, ніж раніше. В цьому випадку сівозміна є важливим інструментом для покращення кліматичної стійкості системи сільськогосподарського виробництва та ефективного вирішення недоліків поточної методології суцільного посіву. Сівозміна є незамінною в багатьох національних стратегіях, включно з продовольчою безпекою, розвитком екологічного середовища [100–104].

Дотримання сівозміни сприяє не лише підвищенню врожайності зернових культур, а й покращенню якості одержуваної продукції за рахунок кращого захисту врожаю від шкідників і хвороб, а також накопичення в ґрунті поживних

речовин. Кількість і пропорція переважно залежать від вмісту білка злаків і клейковини. Сівозміна впливає на виробництво екологічно чистих продуктів харчування, покращує фітосанітарний стан ґрунту та посівів. Швидкість збільшення врожаю пшениці озимої за рахунок спільного впливу сівозміни та внесення добрив становить: сівозміна – 56,4%, внесення добрив – 35,3% [105–108].

Основна увага інтенсивного землеробства полягає в кількості вирощених зернових культур, тоді як мало звертають увагу на якість. Інтенсивне землеробство завдає шкоди навколишньому середовищу, оскільки існує високе використання хімічних речовин, які не тільки знижують родючість ґрунту, але й забруднюють їжу.

Порівняння орних ґрунтів із цілиними аналогами показує, що за останні 40–50 років найбільш характерними процесами є:

- втрата орними ґрунтами гумусу з інтенсивністю 0,42–0,51 т/га на рік;
- сталий дефіцит балансу поживних речовин у землеробстві;
- підкислення чорноземних ґрунтів на 0,3–0,5 одиниць рН, особливо помітне в Черкаській і Сумській областях;
- переущільнення, особливо помітне в західному Лісостепу, руйнування структури, брилистість і кіркоутворення;
- ерозійні втрати верхнього шару ґрунту, що досягає декількох сантиметрів у чорноземних ґрунтах і в осушених ґрунтах Полісся;
- вторинне осолонцювання й засолення зрошуваних ґрунтів;
- спрацювання торфовищ тощо.

З інших негативних процесів, розвиток яких відзначають локально, поширене забруднення радіонуклідами (11,1 % площі ріллі), пестицидами (9,3 %) й важкими металами (8 %), заболочування (14 %) та інші [109].

Унаслідок втрати гумусу й надзвичайно високого рівня розораності сільськогосподарських угідь у ґрунтах країни погіршуються фізичні властивості та зростає небезпека водної й вітрової ерозії. Водної ерозії зазнають

понад 13 млн га сільськогосподарських угідь, із них майже 11 млн га – орні землі [109–111].

Науковці, що досліджують надходження важких металів у навколишнє середовище, ґрунти та міграцію у рослинну продукцію С. Ф. Разанов [112], Н. Г. Люта [113], О. П. Ткачук [114, 115], І. В. Шумигай [116], Г. В. Давидюк [117], Л. І. Коноваленко [118], В. Ф. Камінський [119] розподіляють їх на природні та техногенні. Техногенні – це гірничодобувна, металургійна, хімічна й нафтохімічна промисловість, повітряні викиди підприємств чорної металургії, автотранспорт, військові дії, енергетика (теплові та атомні електростанції), рідкі й тверді побутові комунальні відходи. Хочемо відокремити техногенні забруднення ґрунтів і рослинницьку продукцію унаслідок сільськогосподарського виробництва – це застосування пестицидів, добрив, зрошувально-осушувальних меліорацій і стічних вод у тваринництві. До природних належать: вулканічна діяльність, ерозійні процеси та вивітрювання гірських порід і мінералів. Наслідком цих процесів є накопичення спочатку в ґрунтах, а далі й в рослинних культурах важких металів, радіонуклідів, нітратів, пестицидів.

Уся злакова продукція має підпорядковуватися державним стандартам якості таким як: ДСТУ 3768: 2019 [120], ДСТУ 4522:2006 [121], ДСТУ 3769-98 [122], ДСТУ 4762:2007 [123] та інш.

Як неодноразово зазначає І. А. Шувар [124] однією з найважливіших проблем є те, що екологічно чиста продукція є не та продукція, що пройшла лабораторний аналіз і у ній не виявлено шкідливих речовин, а та, яка вирощена на органічній основі без застосування будь-яких синтетичних добрив, хімічних препаратів, і відповідає міжнародним стандартам якості.

Серед багатьох чинників, які визначають якісні зернові культури та якісну продукцію, основне місце займають добрива. Звично вважають, що обов'язковими компонентами мінеральних добрив є азот, фосфор, калій. Доречність використання органічних добрив також визначають вмістом цих елементів. Проте застосування мінерального азоту, фосфору й калію з

добривами, поліпшуючи живлення рослин і підвищуючи винос макро- і мікроелементів із ґрунту, водночас порушує їхнє природне співвідношення у ґрунтовому розчині. [125–130].

Роботи таких науковців В. А. Мазура [31], С. Г. Корсуна [132], А. І. Фатєєва [133], І. В. Шумиґай [134], Г. В. Давидюка [135], свідчать про те, що добрива, окрім директивної дії – компенсації витратного чинника, мають суттєвий вплив на мікроелементний склад ґрунтів, накопичення у них важких металів і доступність цих елементів рослинам. Надходження до ґрунту мікроелементів і важких металів з добривами здебільшого є неконтрольованим та має стихійний характер. Поряд із тим, збалансованість живлення злакових культур у процесі органогенезу є резервом підвищення їхньої врожайності та якості. Це висвітлено у досліджах науковців М. М. Городнього [136], Е. Г. Дегодюка [137], С. А. Балюка [82], О. М. Берднікова [138], Г. М. Господаренка [139] та І. Т. Нетіса [140].

Відповідно до праць Л. І. Коноваленко [117], О. Б. Бондаревої [141, 142] у ґрунті через мінеральні добрива накопичується близько 90% важких металів від їхнього надходження в агроєкосистему. Крім накопичення важкі метали мігрують у зернову продукцію, а згодом і в організм людини. Найбільш мігрувальні важкі метали – кадмій, свинець, миш'як.

Зернові культури по-різному реагують на забруднення ґрунту важкими металами. Найкраще переносять зерна пшениці озимої та ячменю озимого. Найвищий адаптаційний потенціал має жито, а найнижчий – ячмінь. Екологічно безпечний урожай зернових культур формується за вмісту важких металів у ґрунті 1–2 кларків або менше половини гранично допустимого рівня в ґрунті. І лише на фоні 5–6 кларків спостерігається пригнічення росту рослин, зниження їхньої врожайності та якості продукції [79, 143].

Потрапляючи з ґрунту в рослини через кореневу систему, важкі метали можуть переміщуватися активно (метаболічним шляхом) або пасивно. У першому випадку поглинання й переміщення іонів металів здійснюється за системою, що складається з протопластів клітин, пов'язаних плазмодесмами. У

пасивному транспорті іони, досягнувши поверхні кореня, потрапляють у вільний простір кореня і далі з транспіраційним струмом пересуваються рослиною. З активним транспортом рослиною пересувається частина металів, які виконують деякі біологічні функції (мідь, цинк, кобальт і ін.), а також метали, які хімічно подібні до необхідних елементів (кадмій є хімічним аналогом цинку) [144].

Важкі метали, потрапляючи у рослини, створюють негативні наслідки для процесів метаболізму, це загрожує забрудненню зернової продукції та призводить до зменшення врожаїв [77, 145]. Включення в колообіг та накопичення в зерні зернових культур становлять головну небезпеку важких металів, ці процеси призводять безпосередньо до надходження важких металів до живих організмів. Мідь, кадмій, ртуть, свинець можуть чинити канцерогенний, ембріотоксичний, тератогенний та ін. ефекти [146]. Крім того, поява важких металів у організмі негативно впливає на кровоносні судини, а також посилює утворення вільних радикалів, що супроводжується окисленням ліпідів. Важкі метали в організмі людини підвищують рівень захворювань та скорочують тривалість людського життя [147, 148].

Якість і харчова безпека зернової продукції основні фактори, які все більше привертають увагу споживачів. Зерно, вирощене в умовах інтенсивного землеробства, має для здоров'я людини величезні негативні наслідки: наявність залишків антибіотиків, гормонів, важких металів, нітратів, залишків пестицидів, а також генетично модифікованих організмів. Зерно, вирощене в таких умовах, менш поживне та містить менше захисних антиоксидантів. Пошуки безпечної, якісної зернової продукції зросли за останні десятиліття. В пріоритеті набувають популярності органічно вирощені зернові культури через їхню передбачувану користь для здоров'я. Органічне виробництво зернових культур – це вирощування без використання хімічних добрив і синтетичних пестицидів або генетично модифікованих організмів, гормонів росту й антибіотиків. Визнання органічно вирощених продуктів зростає з кожним днем через їхню поживну цінність і користь для здоров'я. Органічне землеробство

також дбає про навколишнє середовище та має більший соціально-економічний вплив на населення. Україна є країною з навичками і потенціалом для розвитку органічного сільського господарства.

1.4. Наслідки забруднення харчової сировини важкими металами та заходи щодо підвищення якості рослинної продукції

Території агроєкосистем сільськогосподарських угідь та прилеглих до них промислових міст протягом останнього часу стали основними об'єктами біогеохімічних досліджень. Одне з найголовніших питань є проблема екологічної безпеки та забруднення навколишнього середовища токсинами, хімічними сполуками мікроелементного складу. Найнаполегливіші представники це рухомі хімічні форми, що мають властивість переходити з твердих фаз у водні, ґрунтові стани та поглинатися рослинами й іншими організмами. У фізіологічних і біохімічних процесах зернових культур (плодоутворенні, обміні речовин, цвітінні, заплідненні та прискоренні розвитку) беруть участь мікроелементи, що мають здатність поглинати поживні речовини через поверхню стебла, листковий апарат та через кореневу систему. На цьому І. В. Шумигай [131], неодноразово в своїх дослідях зазначає негативний вплив концентрації солей важких металів (Pb, Cd, Zn та Cu) на ріст проростків і проростання насіння зернових культур. Доводить мутагенну, токсичну дію важких металів, що впливають на інтенсивність біохімічних процесів зернових. Та висвітлює бар'єрну функцію до зниження активності мікроорганізмів коріння культури до поглинання ними солей важких металів.

Низка вітчизняних і зарубіжних науковці, досліджуючи вплив важких металів на організм людини доводять, що отруєння та токсичність в екосистемі часто відбуваються через механізми обміну й швидкого колообігу. Під час попадання до організму важкі метали утворюють стійкі біотоксичні сполуки, тим самим порушуючи установлені природні структури та перешкоджаючи нормальній роботі установленим функціям людського організму. Негативний вплив важких металів на навколишнє середовище та живі організми більш

детально описано такими науковцями як: О. І. Скиба [149], А. І. Самчук [150], І. С. Брошак [151], В. Л. Самохвалова [152], О. Є. Найдьонова [153].

Наслідком впливу солей важких металів у агроєкосистемі є зниження в 50–60 разів змісту мікроелементів в ґрунті протягом останніх 110 років. На цей час стає гірша якість продукції через забруднення ґрунтів нітратами й важкими металами, знижується їхня природна родючість і стійкість агрокультури до захворювань. Знижується використання органічних добрив з 8 т/га в 1990 році до 0,6 т/га в 2019 році. Систематично з'являються ознаки спадної родючості, зниження змісту гумусу в ґрунтах з 6 до 3,7% [154–156].

Вплив людини на довкілля, спричиняє забруднення навколишнього середовища, є несприятливим чинником, який викликає 75 % усіх людських хвороб і робить іноді місце проживання непридатним для життя.

Щільність важких металів складає 6 г/см^3 , відносна атомна маса більше 50 а.о.м. Pb, Cd, Zn і Cu це токсичні важкі метали, небезпека яких полягає у швидкій міграції та переміщенню за трофічними ланцюгами й накопиченню їх у біологічних об'єктах.

Свинець (хімічний символ – Pb, від лат. Plumbum) – хімічний елемент з групи токсичних важких металів. Потрапляючи в організму людини через дихальні шляхи (легкі сполуки, пил) або з продуктами харчування негативно впливає на кровоносну систему та органи. Негативно впливає на низку систем в організмі людини, але здебільшого він зберігається у кісткових тканинах, де накопичується у великій кількості, період напіввиведення до 20 років [157]. Свинець впливає на нервову і кровотворну систему, спричиняє анемію. За отруєння свинцем спостерігають шлунково-кишкові розлади, порушення функціонування нирок, печінки, підвищення смертності від серцево-судинних захворювань, спостерігають зміни в легенях дітей, ураження нервової та серцево-судинної системи, зміни в органах кровотворення, порушення менструального циклу, перебігу вагітності, пологів, спричинення мертвонароджуваності, вроджені каліцтва. Хронічна інтоксикація свинцем має акумулятивну дію, накопичується в кістках у вигляді нерозчинних три

основних фосфатів і не спричинює отруйної дії та під впливом деяких умов ці кісткові запаси стають мобільні й переходять у кровоносну систему, що викликає отруєння в загострених формах.

Накопичуючись у рослинних культурах свинець передусім пригнічує процес фотосинтезу, знижує врожайність, погіршує якість продукції. Із зовнішніх ознак чахне, темнішає й скручується листя [158, 159].

Токсичний вплив свинцю завжди стає сильнішим у присутності кадмію, який для свинцю є синергетиком та посилює негативний вплив, а наявність цинку який для свинцю є антагоністом навпаки послаблює дію свинцю [157].

Кадмій (хімічний символ – Cd, від лат. Cadmia) – хімічний елемент з групи токсичних важких металів. Дуже токсичний навіть за низьких доз і безжально хронічно впливає на здоров'я живого організму. Кадмій накопичується протягом життя та біологічно розпадається в організмі близько 10–30 років.

Також кадмій навіть в малих дозах може привести до серйозних ушкоджень імунної та нервової систем, а також викликати різні захворювання. Печінка є основним місцем метаболізму та накопичення кадмію. Кадмій сприяє клітинній дисфункції та призводить до загибелі клітин і некрозу печінки. Кадмій викликає значні фізіологічні й біохімічні зміни в живому організмі та його взаємодія з такими важливими елементами, як цинк, мідь і залізо можуть викликати глибокі зміни у їхньому метаболізмі [160].

Надлишок кадмію в організмі викликає порушення роботи печінки, нирок, підшлункової залози, знижує активність ферментів, уповільнюючи обмін та надходження інших мікроелементів створює в організмі дефіцит, що викликає анемію, здатен породити емфізему та рак легенів [161].

Кадмій у рослинній продукції супроводжується порушенням активності ферментів, що впливає на процеси транспірації та фіксації вуглекислого газу, гальмує фотосинтез рослин, ускладнює надходження й шкодить метаболізму в рослинах великій кількості поживних хімічних речовин. Що стосується

зовнішніх ознак, то це затримка росту рослини та пошкодження кореневої системи [161].

Цинк (хімічний символ – Zn, від лат. Zincum) – хімічний елемент групи важких металів. Наднормовість цинку в організмі супроводжується змінами в морфологічному складі крові, утворенню молочної кислоти, що супроводжується порушенням функції нирок, породженню злоякісних утворень, променевих хвороб, підвищується схильність до викиднів і спостерігається депресія в поведінці. Наслідком перевищення в рослинній продукції проявляється хлорозом молодих листків.

Мідь (хімічний символ – Cu, від лат. Cuprum) – хімічний елемент групи важких металів. Насичений міддю організм відчуває больові м'язові коліки, депресивний стан, порушення сну, дратівливість. Перенасичення міддю підвищує вірогідність раку органів дихання та передчасне старіння. Надлишок міді у рослинній продукції проявляється погіршенням росту та розвитку рослин, в'яненням надземної частини, пошкодженням кореневої системи, різким зменшенням вмісту в рослинах незамінних макро- та мікроелементів [85].

Сполуки важких металів мають високу рухомість, токсичність, здатність до збільшення концентрації, що становить небезпеку для життя людини. Саме тому проблема забруднення навколишнього середовища є однією з найважливіших проблем сьогодення та майбутнього. Зважаючи на те, що важкі метали не розкладаються як органічні токсиканти, а можуть утримувати біологічну активність необмежений час шляхом транслокації, вони швидкими темпами забруднюють біосферу. Рослини переважно поглинають їх з ґрунту й один елемент зазвичай виконує декілька функцій, а паралельно якусь фізіологічну функцію виконують різні елементи, отже вони можуть заміщати один одного. Також не потрібно забувати про те, що наявність декількох елементів у живих організмах може або посилювати, або послабляти дію іншого елемента [134, 162].

Вінниччина – це один з найрозвинутіших аграрних регіонів України, що займає однозначно перше місце серед виробників зернової продукції. Основною умовою процвітання сільського господарства є використання штучних стимуляторів підвищення родючості ґрунтів – мінеральних добрив. Відхилення від інструкції використання добрив, недобросовісне їхнє використання, порушення правил безпеки призводить до негативного впливу хімічного складу добрив на усі компоненти біосфери, на екологію й на життєдіяльність людини загалом. Через порушення технологій виробництва, хімічний склад мінеральних добрив, неналежне зберігання та застосування мінеральних добрив ми спостерігаємо систематичне забруднення довкілля. Накопичення у ґрунті та в сільськогосподарській продукції нітратів, важких металів є наслідком неякісного внесення азотних добрив (терміни та дози внесення). Недобросовісне використання фосфорних добрив призводить до забруднення фосфором водних об'єктів, що супроводжується просто їхнім знищенням. Не можна й недооцінювати шкідливий вплив калійних добрив. Але найбільш шкідливі речовини, що забруднюють навколишнє середовище та шкодять життєдіяльності людини це токсичні важкі метали: Pb, Cd, Zn та Cu. В наш час головне завдання знайти методи й способи відновлення та збереження ґрунтів і отримання безпечної зернової продукції, що наразі є стратегічним ресурсом.

Деградація ґрунтів – це один з незворотних шляхів забруднення ґрунтів важкими металами. У забруднених ґрунтах майже неможливо знизити валовий вміст солей важких металів, хоча можна зробити їх недоступними для рослин та зменшити їхню рухливість. Основними способами рекультивації ґрунтів, які виділяють науковці є: фітореMediaція, мульчування, внесення органічних добрив, вапнування, глинування, підбір стійких сільськогосподарських рослин. Усі ці методи дозволяють зробити важкі метали менш доступними для рослин та знизити їхню рухливість і в результаті ми отримуємо зменшення накопичення токсичності важких металів у зернових культурах.

Теза, що органічне землеробство й використання органічних добрив з часом мають вимістити інтенсивне землеробство та мінеральні добрива неодноразово виникають у роботах багатьох дослідників [163–164].

Дослідження науковців аргументно доводять у своїх роботах користь від використання в сільському господарстві фіторемедіації. О. В. Рибалова [166], С. Г. Корсун [167], Г. В. Давидюк [135], Ю. І. Борецька [168] наголошують на розробленні та проведенні комплексу фізико-хімічних і біологічних заходів, спрямованих на зниження інтенсивності процесів деградації ґрунтів. І вважають перспективою зниження забруднення продовольчого зерна важкими металами, використання такого засобу як фіторемедіації, як однією з ефективних та економічно вигідних технологій відновлення ґрунту, заснована на використанні рослин і асоційованих із ними мікроорганізмів-деструкторів, бобові багаторічні трави характеризуються високим поглинанням важких металів, які видаляють токсичні речовини із середовища або перетворювати їх у безпечні метаболіти. Вирощування енергетичних культур як фіторемедіантів на забруднених і деградованих ґрунтах вважається одним з найперспективніших напрямів, яке дозволить не лише знизити рівень деградації, а й підвищити агрономічну цінність цих ґрунтів.

Л. І. Моклячук [169], О. І. Цирюлик [102], В. Ф. Камінський [109], А. М. Малієнко [170], М. М. Городній [171], В. М. Польовий [172], М. М. Господаренко [173], В. В. Томчук [174], А. Г. Горобець [175] зазначають, що використання помірних доз мінеральних добрив і мульчування створює сприятливі умови для діяльності ґрунтових мікроорганізмів, а це позитивно впливає на збільшення вмісту гумусу й інших корисних речовин, накопичуючи в ґрунті родючий шар. Процес мульчування призводить до підвищення вологозберігання й ґрунтозахисних факторів. Мульчування на вирощуванні просапних культур досягається здебільшого за рахунок залишення усієї або частини побічної продукції в межах поля, скорочення кількості механічних обробітків і застосування технічних засобів, які менше загортають рослинні рештки в ґрунт: комбінованих агрегатів, ґрунтообробно-посівних комплексів,

сівалок прямої сівби. Мульчування ґрунту – це результат розкладання стерні й залишків соломи, що утворює органічні сполуки, які за своїм складом близькі до підстилкового гною, а ґрунт збагачується поживними речовинами і гуміфікованими продуктами розпаду мульчувального шару – це сприяє утриманню чистого пару, який вважають найбільш уразливим полем сівозміни. Завдяки мульчуванню утворюється вугільна й органічна кислоти, які підвищують доступність фосфору та калію для рослин. Процес мульчування ідеально підходить для вирощування зернових сільськогосподарських культур.

Дослідники, вивчаючи питання детоксикації ґрунтів сходяться на думці, що є способи зниження міграційних процесів забруднювальних речовин, зокрема й важких металів у ґрунтах сільськогосподарського призначення. О. А. Білокінь [176], В. М. Польовий [172], В. І. Циганський [177], С. Г. Корсун [167], І. М. Дідур [178], Г. М. Господаренко [139], В. В. Гамаюнова [179] до основних із них відносять вапнування кислих ґрунтів, використання мінеральних речовин, цеолітів, глинування, підбір рослин, які сприятимуть закріпленню важких металів у ґрунтах та ін.

Однією з умов вирощування екологічно чистого зерна зернової продукції може бути вапнування. Ґрунти навколо промислових центрів забруднені важкими металами. Вапнування цих ґрунтів – головний захід щодо зниження рухливості важких металів у ґрунті та недоступності до рослин. У цьому випадку застосовують вапняні матеріали для того, щоб створити слаболужні реакції середовища. Надходження в рослини токсичних елементів (радіонуклідів і важких металів) знижується в 3–8 разів на ґрунтах з рН 6,3–6,5.

Ці методи дозволяють знизити рухливість і доступність солей важких металів для рослин, хоча це й сприяє закріпленню цих токсичних елементів у ґрунті, але у результаті призводить до зменшення токсичності важких металів та їхнє накопичення у біомасі рослин. На значних площах рекомендують проведення комплексу реабілітаційних заходів (внесення підвищених доз калійних добрив, вапнування кислих ґрунтів тощо), що знижують перехід важких металів і радіонуклідів у рослини з подальшим залученням до харчових ланцюгів.

Висновки до розділу 1

Проаналізувавши результати літературних першоджерел присвячених даній тематиці, необхідно відмітити:

Недостатнє вивчення впливу залежно від озимих та ярих форм вирощування, аномального рівня зволоження та виду мінерального удобрення ґрунтів на інтенсивність накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у зерні злаків вирощених в сучасних природньо-кліматичних умовах Лісостепу Правобережного за техногенного впливу інтенсивного землеробства на сільськогосподарські угіддя.

Усе вище вказане й зумовило вибір теми дисертаційного дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво: навч. посіб. Київ, 2001. 591 с.
2. Erenstein O., Jaleta M., Mottaleb K. A., Sonder K., Donovan J., Braun H. J. Global Trends in Wheat Production, consumption and trade. *In wheat improvement: food security in a changing climate*. 2022. P. 47–66. DOI: [/https://doi.org/10.1007/978-3-030-90673-3_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90673-3_4)
3. Javid M. I., Shams N., Kalsoom F. Nutritional Quality of Wheat. *Intech Open* 2022. P. 1–19. DOI: [10.5772/intechopen.104659](https://doi.org/10.5772/intechopen.104659)
4. Fatima Z., Ahmed M., Hussain M., Abbas G., Ul-Allah S., Ahmad S., Ahme N., Ali M. A., Sarwar G. R., Haque E. U., Iqbal P., Hussain S. The fingerprints of climate warming on cereal crops phenology and adaptation options. *Scientific Reports*. 2020. 18013. P. 1–21. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74740-3>
5. Loskutov I. G., Khlestkina E. K. Wheat, barley, and oat breeding for health benefit components in grain. *Plants. Advances in Cereal Crops Breeding*. 2021. № 10. 86. P. 1–18. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10010086>
6. Filip E., Woronko K., Stępień E., Czarniecka N. An Overview of Factors Affecting the Functional Quality of Common Wheat (*Triticum aestivum* L.). *International journal of molecular sciences*. 2023. № 24 (8). 7524. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms24087524>
7. Food and Agriculture Organization of the United Nation, FAO. *World food supplies and agriculture – pocket statistic manual*. 2021. DOI: [10.4060/cb4478en](https://doi.org/10.4060/cb4478en).
8. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні технології вирощування основних польових культур. – Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
9. Новинка на українських полях: безостий ячмінь. *Пропозиція – Головний журнал з питань агробізнесу*. 2018. URL: <https://propozitsiya.com/ua/novinka-na-ukrainskih-polyah-bezostyy-yachmen>.
10. Симоненко Л. О. Українське термінознавство кінця ХХ–початку

XXI ст.: стан і перспективи розвитку. *Мовознавство*. 2018. № 3. С. 39–47.
URI: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/184347>.

11. Гінзбург М. Д. Технологія перекладання європейських стандартів на базі ДСТУ EN ISO 17100:2017 і ISO/TS 11669:2012. *Specialist Translation. Terminology in Translation*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Фаховий та художній переклад теорія, методологія, практика». (Київ, 2019 р.). Київ, 2019. С. 59–71. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/47485>.

12. Глупак З. І. Стандартизація та сертифікація зерна в Україні та країнах Європейського Союзу. *Наукові горизонти*. 2019. № 7. С. 63–69.
DOI: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-63-69

13. Савенко І. І., Ткачов В. А. Державне регулювання ринку зерна в Україні. *Food Industry Economics*. 2023. № 14. С. 13–17. DOI: <https://doi.org/10.15673/fie.v15i1.2634>

14. Гриньов Б. В., Любинський В. Р., Молчанова Н. В. Щодо питання застосування Методу обкладинки у національній стандартизації. *Стандартизація. Сертифікація. Якість*. 2013. № 4. С. 12–14.

15. Литвинська С. В. Гармонізація українських національних стандартів серії Інформація та документація з міжнародними й європейськими: здобутки і перспективи. *Безпека інформації*. 2012. № 2. С. 43–47.

16. Клименко І. В., Федірко О. А., Ус І. В. Три роки членства в СОТ: тенденції зовнішньої торгівлі України у посткризовий період: аналітична доповідь. Київ, 2011. 120 с. URL: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2012-08/SOT-06c44.pdf>

17. Шестаковська Т. Л. Вплив Європейської інтеграції на розвиток економічної політики України. *Збірник наукових праць Університету державної фіскальної служби України*. 2020. № 1–2. С. 354–369. DOI: 10.33244/2617-5940.1-2.2020.354-369.

18. Лотиш О. Я. Стратегічний аналіз зернової галузі: стан та перспективи розвитку. *Інтелект XXI*. 2018. № 3. С. 74–79. URL: <http://dspace.tneu.edu.ua/handle/316497/37618>
19. Карась В. І., Драган А. П. Стандартизація зернових культур та її вплив на розвиток ринкових відносин. *Перспективні технології та прилади*. 2023. № 22. С. 54–60. DOI: <https://doi.org/10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2023-22-08>
20. Чухліб А. В. Методичний інструментарій аналізу та прогнозування зерновиробництва. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Серія: «Економічні науки»*. 2020. № 12. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2020-12-6725>
21. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Вплив змін клімату на продуктивність та валові збори зернових культур: аналіз та прогноз. *Український географічний журнал*. 2016. № 1. С. 14–22. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/UGJ_2016_1_6
22. Association Agreement with the European Union: new opportunities for Ukrainian business. *European integration portal*. 2018. URL: <https://eu-ua.kmu.gov.ua/eksport-yes/uhoda-pro-asotsiatsiiu-novi-mozhlyvosti-dlia-biznesu>.
23. Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Урожайність ячменю ярого залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду у Центральному Лісостепу України. *Агробіологія*. 2016. № 2. С. 11–17. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/2481>
24. Bönecke E., Breitsameter L., Brüggemann N., Chen T. W., Feike T., Kage H., Stützel H. Decoupling of impact factors reveals the response of German winter wheat yields to climatic changes. *Global change biology*. 2020. № 26(6). P. 3601–3626. DOI: 10.1111/gcb.15073
25. Zabarna T. The influence of hydrothermal conditions on the cultivation of spring barley in the right-bank Forest-steppe of Ukraine. *Sciences of Europe*. 2020. № 60. P. 10–15. DOI: 10.24412/3162-2364-2020-60-1-10-15
26. Afreen. M. Agricultural Production and Food Security in Climate Change

Process of Europe. *Eurasian Journal of Agricultural Research*. 2023. № 7. P. 44–50. URL: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ejar/issue/78545/1320997>

27. Davydenko N., Titenko Z., Buriak A., Polova O. The impact of climate change on the investment attractiveness of agricultural enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. № 1. P. 1–9. DOI: 10.1088/1755-1315/915/1/012016

28. Richardson K. J., Lewis K. H., Krishnamurthy P. K., Kent C., Wiltshire A. J., Hanlon H. M. Food security outcomes under a changing climate: Impacts of mitigation and adaptation on vulnerability to food insecurity. *Climatic Change*. 2018. № 147. P. 327–341. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2137-y>

29. Lobell D. B. Changes in diurnal temperature range and national cereal yields. *Agricultural and forest meteorology*. 2007. V. 145 P. 229–238. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2007.05.002>

30. Javeed H., Ali M., Qamar R., Sarwar M., Jabeen R., Ihsan M., Sabagh A. Food Security Issues in Changing Climate. *Climate Change Impacts on Agriculture: Concepts, Issues and Policies for Developing Countries*. 2023. P. 89–104. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-26692-8_6

31. Lopes M. S. Will temperature and rainfall changes prevent yield progress in Europe? *Food and Energy Security*. 2022. V. 11(2). DOI: <https://doi.org/10.1002/fes3.372>

32. Bathiany S., Belleflamme A., El Zohbi J., Ney P., Goergen K., Rechid D. Increasing interannual climate variability during crop flowering in Europe. *Environmental Research Letters*. 2023. V. 18. P. 1–12. DOI: 10.1088/1748-9326/acc87e

33. Havryliuk N. M., Kuzmenko L. A., Kyrychenko A. V. Development of diseases and pests in winter wheat crops depending on agrotechnical measures. *Agriculture and plant sciences: theory and practice*. 2023 V. 1. P. 47–57. DOI: 10.54651/agri.2023.01.06

34. Гончарова Л. Д., Прокоф'єв О. М., Решетченко С. І., Черниченко А. В. Вплив атмосферних макропроцесів на просторовий розподіл опадів по

території України у весняний сезон. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. № 27. С. 5–15. DOI: 10.31481/uhmj.27.2021.01

35. Семергей-Чумаченко А. Б., Слободяник К. Л. Просторово-часовий розподіл сильних опадів над Україною протягом 1979–2019 років за даними реаналізу ERA5. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 26. С. 50–59. URL: 10.31481/uhmj.26.2020.04

36. Штакал М., Голик Л., Левченко О., Шпакович І., Іващенко С. Оцінювання сортів і ліній пшениці озимої за стабільною врожайністю та адаптивністю в умовах зміни клімату Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 100(3). С. 62–69. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-08>

37. Hussain J., Khaliq T., Ahmad A., Akhter J., Asseng S. Wheat responses to climate change and its adaptations: a focus on arid and semi-arid environment. *International Journal of Environmental Research*. 2018. V. 12. P. 117–126. DOI: [https://doi.org/10.1007/s41742-018-0074-2\(0123456789\(\),-volV\)\(0123456789\(\),-volV\)](https://doi.org/10.1007/s41742-018-0074-2(0123456789(),-volV)(0123456789(),-volV))

38. Nicholson S., Funk C., Fink A. Rainfall over the African continent from the 19th through the 21st century. *Global and Planetary Change*. 2018. V. 165. P. 114–127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.12.014>

39. Zahra N., Hafeez M., Wahid A., Al Masruri M., Ullah A., Siddique K., Farooq M. Impact of climate change on wheat grain composition and quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2023. V. 103(6). P. 2745–2751. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.12289>

40. Panfilova A., Mohylnytska A., Gamayunova V., Fedorchuk M., Drobitko A., Tyshchenko S. Modeling the impact of weather and climatic conditions and nutrition variants on the yield of spring barley varieties (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomy Research*. 2020. V. 18. P. 1388–1403. DOI: <https://doi.org/10.15159/ar.20.159>

41. Peltonen-Sainio P., Jauhiainen L., Hakala K. Are there indications of climate change induced increases in variability of major field crops in the

northernmost European conditions? *Agricultural and Food Science*. 2009. V. 18. P. 206–222. DOI: <https://doi.org/10.2137/145960609790059424>

42. Зміни клімату в Україні та світу: причини, наслідки та рішення для протидії. *Екодія*. 2022. URL: https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html?gclid=Cj0KCQiAg_KbBhDLARIsANx7wAxfvORKm7cMG9Wik65RJxe1aVyibHFelxHV8oCyLRVvBqIVrmfLXA8aAt0rEALw_wcB.

43. Приходько, М. М. Причини, наслідки і шляхи протидії зміні клімату. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія*. 2014. № 1. С. 35–43. URL: <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/6058>

44. Alexandratos N., Bruinsma J. World Agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Division, A.D.E., Ed.; Food and Agriculture Organization of the United Nations. New York, 2012. 155 p. URL: [10.22004/ag.econ.288998](https://doi.org/10.22004/ag.econ.288998)

45. Kaletnik G., Lutkovska S. Innovative Environmental Strategy for Sustainable Development. *European Journal of Sustainable Development*. 2020. V. 9 (2). P. 89–98. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2020.v9n2p89>

46. Кириленко О. В., Басок Б. І., Базєєв Є. Т., Блінов І. В. Енергетика України та реалії глобального потепління. *Technical Electrodynamics*. 2020. № 3. С. 52–61. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2020.03.052>

47. Басок Б. І., Базєєв Є. Т. Глобальне потепління: проблеми, дискусії та прогнози. *Світгляд*. 2020. № 6 С. 4–15. URL: <https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/svitoglyad/svit-2020-15-6/svitoglyad-6-2020-bass-baz-04.pdf>

48. Pinke Z., Decsi B., Jámbor A., Kardos M. K., Kern Z., Kozma Z., Ács T. Climate change and modernization drive structural realignments in European grain production. *Scientific Reports*. 2022. V. 12. P. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10670-6>

49. Порядок здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів: Постанова Кабінету Міністрів України від 23.09.2020 р. № 960. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D0%BF#Text>.

50. Звітування про викиди парникових газів підприємствами: Міндовкілля надає роз'яснення. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. 2022. URL: <https://mepr.gov.ua/zvituvannya-pro-vykydy-parnykovykh-gaziv-pidpryyemstvamy-mindovkillya-nadae-roz-yasnennya-2/>

51. Про утворення міжвідомчої робочої групи з питань координації подолання наслідків зміни клімату в рамках ініціативи Європейської Комісії «Європейський зелений курс»: Постанова Кабінету Міністрів України від 24 січня 2020 р. № 33. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/33-2020-%D0%BF#Text>

52. Оновлений національний визначений внесок України до Паризької Угоди (НВВ2), затверджений з техніко-юридичними правками розпорядженням КМУ від 30 липня 2021 року № 868-р. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*: URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/zmina-klimatu/pom-yakshennya-zminy-klimatu/natsionalno-vyznachenyj-vnesok-ukrayiny/>

53. З'явилася статистика щодо викидів парникових газів у світі: на якому місці Україна. *Екополітика*. 2021. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/z-yavilasya-statistika-shhodo-vikidiv-parnikovih-gaziv-u-sviti-na-yakomu-misci-ukraina/>

54. Owen L. E., Catto J. L., Stephenson D. B., Dunstone N. J. Compound precipitation and wind extremes over Europe and their relationship to extratropical cyclones. *Weather and Climate Extremes*. 2021. V. 33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100342>

55. Новак В. Г., Новак А. В. Агрометеорологічні умови 2020–2021 сільськогосподарського року за даними метеостанції Умань. *Вісник уманського національного університету садівництва*. 2022. № 1. С. 23–26. DOI: [10.31395/2310-0478-2022-1-23-26](https://doi.org/10.31395/2310-0478-2022-1-23-26)

56. Christidis N., Stott P. Human influence on seasonal precipitation in Europe. *Journal of Climate*. 2022. V. 35. P. 5215–5231. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-21-0637.1>

57. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А., Колосовська В. В. Продуктивність озимого ячменю в степовій зоні України в умовах потепління клімату. *Екологічні науки*. 20223. № 42. Р. 141–146. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42.23>

58. Гадзало Я., Ібатуллін І., Лузан Ю. Інституціональне забезпечення функціонування продовольчої системи України в сучасних кризових умовах. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 8. С. 5–15. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202208-01>

59. Ушкаренко В. О. Зрошуване землеробство: підручник (перевидання). Київ: Урожай, 2016. 326 с.

60. Pravdiuk N., Burko K. Information support for monitoring the state of the grain industry of Ukraine in the conditions of euro integration. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2021. № 4 С. 37–50. DOI: [10.37128/2411-4413-2021-4-4](https://doi.org/10.37128/2411-4413-2021-4-4)

61. Майданович Н. Про вплив кліматичних змін на агросферу України: огляд. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2020. № 27. С. 162–175. URL: <http://tta.org.ua/issue/view/13629>

62. Ali M., Shahzadi M., Zahoor A., Dababat A., Toktay H., Bakhsh A., Li H. Resistance to cereal cyst nematodes in wheat and barley: an emphasis on classical and modern approaches. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. № 20. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20020432>

63. Особливості збирання та зберігання врожаю ранніх зернових і технічних культур в умовах 2020 року: науково-практичні рекомендації / [Семеняка І. М., Іщенко В. А., Гайденко О. М. та ін.]. Кропивницький: Інститут сільського господарства Степу НААН, 2020. 40 с. URL: https://dnsgb.com.ua/assets/files/Ref-zh_specvypusk-2022.pdf

64. Хилько М. І. Екологічна безпека України: навчальний посібник. Київ, 2017. 267 с.

65. Орловський М. Й., Тимощук Т. М., Конопчук О. В., Войцеховський В. І., Дідур І. М. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність озимої пшениці в умовах Західного Полісся України. *Наукові горизонти*. 2019 №11. С. 77–85. URL:

<http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/10178>

66. Герман М. М., Маренич М. М. Якість зерна пшениці м'якої озимої та шляхи її підвищення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 4. С. 19–22.

67. Черчель В. Ю., Шевченко М. С. Агроресурси і наукове моделювання виробництва 100 мільйонів тонн зерна. *Зернові культури.– Cereal crops*. 2020. Т. 4. № 1. С. 53–63. URL:

<https://agris.fao.org/search/en/providers/122436/records/6474b0945eb437ddff727e23>

68. Pelech L. Formation of productivity of winter wheat crops depending on agrotechnical methods of tillage. *The scientific heritage*. 2021. № 62. С. 5–8. URL: [file:///C:/Users/user/Downloads/formation-of-productivity-of-winter-wheat-crops-depending-on-agrotechnical-methods-of-tillage%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/formation-of-productivity-of-winter-wheat-crops-depending-on-agrotechnical-methods-of-tillage%20(1).pdf)

69. Гуторов А. О. Методичні засади оцінювання рівня сталості розвитку аграрного сектора економіки. *Вісник Сумського національного аграрного*. 2017. № 4. С. 121–127.

70. Починок В. М., Маменко Т. П., Тарасюк О. І. Основні фактори впливу на реалізацію генетичного потенціалу пшениці та покращення якості зерна. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. Київ, 2017. № 21. С. 174–177.

71. Гузь М., Сиволапов В., Маятіна Н., Марченко В. Чинники, що визначають тривалість зберігання зерна. *Agroexpert* 2020 URL: <https://agroexpert.ua/chynnyky-shcho-vyznachaiut-tryvalist-zberihannia-zerna/>

72. Орел А., Дяченко В. Сучасні аспекти розвитку органічного землеробства в умовах сталого сільського господарства. *Економіка та суспільство*. 2023. № 48. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-48-91>

73. Балюк С., Хареба В., Кучер А. Стале управління ґрунтами як основа продовольчої безпеки: глобальні тренди й національні виклики. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 10. С. 68–77. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202210-08>

74. Іваненко Т. Я., Порудєєва Т. В., Андрющенко Я. Е. Оцінка розвитку зерновиробництва Причорноморського регіону України. *Modern Economics*. 2020. № 24. С. 69–74. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/8610>

75. Писаренко В. М., Коваленко Н. П., Поспєлова Г. Д., Піщаленко М. А., Шерстюк О. Л., Мельничук В. В. Екологізація землеробства, як перший крок до органічного землеробства. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 109–118. DOI: 10.31210/visnyk2020.03.12

76. Одарюк Т. С. Еколого-економічні особливості органічного землеробства. *Просторове планування для майбутнього України* : матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф. (Полтава, 25–26 трав. 2023 р.). Полтава, 2023. С. 148–151.

77. Разанов С. Ф., Ткачук О. П. Інтенсивна хімізація землеробства – як передумова забруднення зернової продукції важкими металами. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2017. № 1–2 (134). С. 70–75. URL: https://tvppt.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/pererobka/visnyk_btf_2017.pdf#page=66

78. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В. Зерновиробництво. – Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.

79. Ткачук О. П., Яковець Л. А. Особливості забруднення зернової продукції важкими металами в умовах Вінницької області. Збірник наукових праць. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця. 2016. № 4. С. 179–186.

80. Куліджанов Е. В., Голубченко В. Ф., Віляєва С. Д., Грицай Т. Л. Необхідність у моніторингу мінеральних добрив на вміст забруднюючих речовин. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 147–151. Doi:<https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263330>

81. Razanov S., Landin V., Nedashkivskyi V. Intensity of ^{137}Cs transition into nectar-pollinating plants and beekeeping products during reclamation of radioactively contaminated soils. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2022. V. 12(1). P. 291–298. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeess12.134>

82. Балюк С. А., Медведєв В. В., Воротинцева Л. І., Шимель В. В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 8. С. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201708-01>

83. Разанов С. Ф., Ткачук О. П., Овчарук В. В. Інтенсивність накопичення важких металів зерном пшениці озимої залежно від попередників. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 1. С. 165–169. URI: <http://repository.vsau.org/repository/getfile.php/19008.pdf>

84. Ткачук О. П., Шкатула Ю. М., Тітаренко О. М. Сільськогосподарська екологія: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2020. 542 с. URI: <http://repository.vsau.org/repository/getfile.php/24545.pdf>

85. Гриньова Я. Г., Криштоп Є. А. Проблеми забруднення навколишнього середовища важкими металами та шляхи їх подолання. *Інженерія природокористування* 2021. № 19. С. 111–119. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6904034>

86. Balali-Mood M., Naseri K., Tahergorabi Z., Khazdair M. R., Sadeghi M. Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium, and arsenic. *Frontiers in pharmacology*. 2021. V. 12. DOI: 10.3389/fphar.2021.643972

87. Liu J., Wang C., Guo Z., Xu A., Pan K., Pan X. The effects of climate on soil microbial diversity shift after intensive agriculture in arid and semiarid regions. *Science of The Total Environment*. 2022. V. 821. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153075>

88. Rockström J., Williams J., Daily G., Noble A., Matthews N., Gordon L., Smith J. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio*. 2017. V. 46. P. 4–17. DOI: 10.1007/s13280-016-0793-6

89. Брайнінгер О. І. Особливості транслокації та акумуляції важких металів у системі «грунт-рослина-сільськогосподарська продукція». Таврійський науковий вісник. *Екологія, іхтіологія та аквакультура*. № 123, С. 225–231. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.31>
90. Razanov S. F., Tkachuk O. P., Bakhmat O. M., Razanova A. M. Reducing danger of heavy metals accumulation in winter wheat grain which is grown after leguminous perennial precursor. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10(1). P. 254–260. DOI: 10.15421/2020_40
91. Razanov S. F., Tkachuk O. P., Mazur V. A., Didur I. M. Effect of bean perennial plants growing on soil heavy metal concentrations. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. V. 8(2). P. 294–300. DOI: 10.15421/2018_341
92. Gamalero E., Lingua G., Berta G., Glick B. Beneficial role of plant growth promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on plant responses to heavy metal stress. *Canadian journal of microbiology*. 2009. V. 55. P. 501–514. DOI: <https://doi.org/10.1139/W09-010>
93. Rehman K., Fatima F., Waheed I., Akash M. S. Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. *Journal of cellular biochemistry*. 2018. V. 119. P. 157–184. DOI: <https://doi.org/10.1002/jcb.26234>
94. Параняк Р. П., Васильцева Л. П., Макух Х. І. Шляхи надходження важких металів в довкілля та їх вплив на живі організми. *Біологія тварин*. 2007. № 9. С. 83–89 URL: <http://archive.inenbiol.com.ua:8080/bt/2007/1/7.pdf>
95. Про внесення змін до переліку товарів, заборонених до ввезення на митну територію України, що походять з Російської Федерації: Постанова Кабінету Міністрів України від 15.05.2019 р. № 535 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/535-2019-%D0%BF#Text>
96. Кухнюк О. В. Дослідження акумуляції важких металів сільськогосподарською продукцією Черкаської області. *Таврійський науковий вісник*. Серія: Сільськогосподарські науки 2020. № 115. С. 97–102. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.13>

97. Корсун С. Г., Клименко І. І. Екотоксикологічний статус систем удобрення культур зерно-просапної сівозміни: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2018. 212 с. URL: https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2021/04/monografiya_korsun-klimenko-do-druku_ostatochna.pdf

98. Гоцький Я. Г., Степанюк А. Р. Перспективи використання гранульованих органо-мінеральних добрив нового покоління. *Екологічні науки*. 2021. № 1(24). С. 61–65. Doi: <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-10>

99. Parry M. L. Climate change and world agriculture. London: «Routledge», 2019. 178 p. URL: <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/3350/1/XB-90-705.pdf>

100. Коваленко А. М. Сівозміни – важлива складова ефективного використання зрошуваних земель. *Землеробство*. 2015. № 1. С. 88–92. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2015_1_19.

101. Кудря Н. А., Кудря С. І., Дегтярьова З. О. (2019). Порівняльний аналіз урожайності пшениці озимої при вирощуванні її після соняшнику, кукурудзи, чистого пару та зернобобових культур у короткоротаційних сівозмінах. *Землеробство*. 2019. № 2. С. 119–124. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/19500>

102. Циліорик О. І., Чорна В. І., Гаврюшенко О. О., Десятник Л. М. Зміна агрофізичних властивостей чорнозему звичайного під впливом обробітку ґрунту в сівозміні та на рекультивованих землях в умовах Степу України *Зернові культури*. 2021. № 1. С. 115–124. URL: <https://journal-grain-crops.com/arhiv/view/60e5935ec06c3.pdf>

103. Yu T., Mahe L., Li ., Wei X., Deng X., Zhang D. Benefits of crop rotation on climate resilience and its prospects in China. *Agronomy*. 2022. № 12. 436 с. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12020436>

104. Shah K., Modi B., Pandey H. P., Subedi A., Aryal G., Pandey M., Shrestha, J. Diversified crop rotation: an approach for sustainable agriculture production. *Advances in Agriculture*. 2021. С. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/8924087>

105. Юркевич Є. О., Коваленко Н. П., Бакума А. В. Агробіологічні основи сівозмін Степу України : монографія. Одеса : Одеське вид-во ВМВ, 2011. 237 с.
106. Ткачук О. П. Еколого-економічна та біоенергетична оцінка технологій вирощування пшениці озимої після бобових багаторічних трав. *Зернові культури*. 2022. № 1. С. 124–132. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0215>
107. Вожегова Р., Резніченко Н. Water use of winter barley under various methods of tillage in a crop rotation at irrigation. *International Independent Scientific Journal*. 2021. V. 30. P. 3–9. URL: https://www.iis-journal.com/wp-content/uploads/2021/08/IISJ_30.pdf
108. Циліорик О. І. Система мульчувального обробітку ґрунту в сівозмінах Північного Степу : монографія. Дніпро: Новий Світ, 2019. 298 с. URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/thilyu.pdf>
109. Камінський В. Ф., Шевченко І. П., Коломієць Л. П. Науково-методичне забезпечення охорони земель сільськогосподарського призначення як передумова сталого розвитку агропромислового комплексу України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 1. С. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201801-01>
110. Негіс І. Т. Онуфран Л. І. Водний режим на посівах ячменю ярого в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник. Серія сільськогосподарські науки*. 2012. № 79. С. 106–112. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tavnv_2012_79_20
111. Цицюра Я. Г., Поліщук М. І., Броннікова Л. Ф. Ґрунтознавство з основами геології. Частина II. Генезис, класифікація та властивості ґрунтів: навчальний посібник / За ред. Я. Г. Цицюра. Вінниця: Друк плюс, 2020. 676 с. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/25377.pdf>
112. Razanov S., Vdovenko S., Hetman N., Didur I., Ogorodnichuk G. Assessment of heavy metal pollution of gray forest soils of agricultural lands and their phytoremediation in the cultivation of milk thistle. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. № 11(6), 41–45. DOI: [10.15421/2021_221](https://doi.org/10.15421/2021_221)

113. Люта Н. Г., Саніна І. В. Особливості розподілу вмісту важких металів у донних відкладах у різних природно-антропогенних умовах. *Мінеральні ресурси України*. 2023. № 1. С. 35–38. DOI: <https://doi.org/10.31996/mru.2023.1.35-38>
114. Ткачук О. П. Передумови переходу землеробства в Україні на еколого-збалансовані принципи. *Екологічні науки*. 2022. № 5 (44). С. 144–149. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.21>
115. Tkachuk O., Verhelis V. Intensity of soil pollution by toxic substances depending on the degree of its washout. *Scientific Horizons*. 2021. № 24 (3) P. 52–57. DOI: 10.48077/scihor.24(3).2021.52-57
116. Шумигай І. В., Коніщук В. В., Душко П. М. Біогеохімічні особливості важких металів агроєкосистем Лісостепу України. *Агроєкологічний журнал*. 2022. № 4. С. 105–114. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273256>
117. Давидюк Г. В., Шкарівська Л. І., Клименко І. І., Довбаш Н. І., Оцінка основних показників родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту за тривалого систематичного застосування добрив. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 99. С. 5 –10. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202102-01>
118. Коноваленко Л. І., Бондарєва О. Б., Вінюков О. О. Вплив буферної здатності ґрунтів на біоаккумуляцію важких металів пшеницею озимою у зоні впливу ТЕС. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 2. С. 65–73. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2019.184150>
119. Камінський В. Ф., Сайко В. Ф., Землеробство ХХІ століття. Проблеми та шляхи вирішення. *Землеробство*. 2015. № 2. С. 3–11. URL: file:///C:/Users/user/Downloads/Zemlerobstvo_2015_2_3.pdf
120. ДСТУ 3768: 2019. Пшениця. Технічні умови пшениця. [Чинний від 2019-06-10]. К.: Держспоживстандарт України, 2019. 19 с.
121. ДСТУ 4522: 2006. Жито. Технічні умови. [Чинний від 2007-01-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 11 с.

122. ДСТУ 3769-98: Ячмінь. Технічні умови. [Чинний від 1998-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 1998. 18 с.
123. ДСТУ 4762:2007 Тритикале. Технічні умови. [Чинний від 2007-08-01]. К.: Держспоживстандарт України, 1998. 15 с.
124. Шувар І. А., Корпіта Г. М. Вплив гербіцидів на інтенсивність мікробіологічної активності ґрунту у посівах ячменю ярого та картоплі . *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. № 60. С. 162–169. URL: <https://phzt-journal.isgkr.com.ua/wp-content/uploads/zbirnik/60ua/25.pdf>
125. Корсун С. Г., Клименко І. І. Екотоксикологічний статус систем удобрення культур зерно-просапної сівозміни : монографія. Вінниця : Твори, 2018. 212 с. URL: https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2021/04/monografiya_korsun-klimenko-do-druku_ostatochna.pdf
126. Dursun S., Symochko L., Mankolli H. Bioremediation of heavy metals from soil: an overview of principles and criteria of using. *Agroecological journal*. 2020. № 3. С. 6–12. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2020.211521>
127. Dutta S., Mitra M., Agarwal P., Mahapatra K., De S., Sett U., Roy S. Oxidative and genotoxic damages in plants in response to heavy metal stress and maintenance of genome stability. *Plant signaling & behavior*. 2018. № 13. DOI: <https://doi.org/10.1080/15592324.2018.1460048>
128. Razanov S. F. The influence of perennial legumes on soil condition and grain quality of winter wheat. *Colloquium-journal*. 2020. № 26. С. 36–39. DOI: <https://doi.org/10.24411/2520-6990-2020-12186>
129. Razanov S. F., Razanova A. M., Àmons S. E., Gutsol G. V. Yield, chemical composition and the level of accumulation of heavy metals in the vegetative mass and seeds of milk thistle (*Silybum marianum* L.) in different types of organic fertilizer. *Ecology, environment and conservation*. 2021. V. 27. № 4. P. 1609–1617.
130. Zabarna T. Spring barley productivity in dependence on mineral nutrition. *The scientific heritage*. 2021. № 63 P. 4–9. URL: <file:///C:/Users/user/Downloads/spring-barley-productivity-in-dependence-on-mineral-nutrition.pdf>

131. Мазур В. А., Ткачук О. П., Яковець Л. А. Екологічна безпека зернової та зернобобової продукції : монографія. Вінниця: Твори, 2020. 442 с.
132. Корсун С. Г., Давидюк Г. В., Клименко І. І., Довбаш Н. І., Хмара Т. М. Спосіб фітореMediaції сільськогосподарських земель, забруднених важкими металами. *Землеробство*. 2014. № 1–2. С. 51–53.
133. Фатеев А. І., Лопушняк В. І. Вплив системи удобрення на рухомість кадмію в темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу України. Львів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. № 82. С 33–36.
134. Шумигай І. В., Коніщук В. В., Мороз В. В., Манішевська. Н. М. Біогеохімічна, фізіологічна адаптивність пшениці озимої (*Triticum L.*) за впливу важких металів у Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 1. С. 101–109. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2023.276734>
135. Давидюк Г. В., Олійник К. М., Клименко І. І. Вплив технологій вирощування на вміст мікроелементів і важких металів у рослинах пшениці озимої. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 3. С. 62–70. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2019.183475>
136. Городній М. М., Білера Н. М., Мотринчук Д. Й., Шквир Т. М. Вплив підживлень на продуктивність зернових культур в північній частині Лісостепу України. *Наукові доповіді НАУ*. 2008. № 1. С. 1–11.
137. Дегодюк Е. Г., Літвінова О. А., Ярмоленко Є. В., Дмитренко О. В. Вплив органічних добрив на родючість сірого лісового ґрунту. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 2. С. 31–35. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2019.174015>
138. Бердніков О. М., Волкогон В. В., Мірошніченко М. М., Гриник О. І., Потапенко Л. В., Значення лізиметричних досліджень в еколого-агрохімічній оцінці аграрних технологій. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 1. С. 58–70. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201271>
139. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Вплив вапнування на вміст рухомих сполук мікроелементів у чорноземі опідзоленому.

Сільськогосподарські науки: збірник наукових праць Уманського НУС. 2018. № 92. Ч. 1. С. 36–46.

140. Нетіс І. Т. Посухи та їх вплив на посіви озимої пшениці: монографія. Херсон: УААН, Інститут землеробства південного регіону Айлант, 2008. 252 с.

141. Бондарева О., Вінюков О., Чугрій Г. Біоаккумуляція важких металів в зерні колосових культур. *Grail of Science*. 2023. № 28. С. 173–177. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.09.06.2023.27>

142. 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.

143. Ткачук О. П., Передумови переходу землеробства в Україні на еколого-збалансовані принципи. *Екологічні науки*. 2022. № 5(44). С. 144–149. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.21>

144. Яковець Л. А. Інтенсивність зниження вмісту важких металів у зерні залежно від періоду очікування. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 4. С. 126–129.

145. Гуцол Г. В. Моніторинг забруднення важкими металами ґрунтів сільськогосподарського призначення Лісостепу Правобережного. *Slovak international scientific journal*. 2020. № 40. С. 12–17.

146. Безпека харчових продуктів: антиаліментарні фактори, ксенобіотики, харчові добавки: навч. посіб. / [Л. В. Кричковська, А. П. Белінська, В.В. Анан'єва та ін.]. Харків, 2017. 98 с.

147. Pan J., Plant J., Voulvoulis N., Oates C., Ihlenfeld C. Cadmium levels in Europe: implications for human health. *Environmental geochemistry and health*. 2010. № 32: P. 1–12.

148. Яковець Л. А. Changes in heavy metals content in winter wheat grain and flour under right-bank forest-steppe conditions. *Сільське господарство та лісівництво: збірник наукових праць*. Вінниця: ВНАУ. 2019. № 15. С. 214–221.

149. Скиба О. І., Грубінко В. В., Федонюк Л. Я. Запобігання забрудненню гідроекосистем важкими металами як одна з форм реалізації цілей сталого

розвитку в Україні. *Екологічні науки*. 2018. № 5. С. 101–105. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2018-4-23-22>

150. Самчук А. І., Кураєва І. В., Войтюк Ю. Ю., Матвієнко О. В., Вовк К. В. Форми знаходження важких металів у техногенно забруднених ґрунтах міських агломерацій. *Мінералогічний журнал*. 2016. № 4. С. 66–74.

151. Броцак І. С., Гевко Р. Б., Никеруй С. С., Вітровий А. О. Моніторинг ґрунтів, шляхи покращення родючості та екологічної безпеки земель Тернопільської області: монографія. Тернопіль: Економічна думка, 2013. 160 с.

152. Самохвалова В. Л., Христенко А. О., Шедеї Л. О., Самохвалова П. А., Карацюба О. В. Прогнозування родючості ґрунтів за їх макроелементним станом. *Gruntoznavstvo*. 2017. № 3–4. С. 5–20.

153. Журавель М. Ю., Найдьонова О. Є., Яременко В. В. Застосування біологічних показників для визначення агроекологічного стану рекультивованих ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. № 84. С. 80–88.

154. Сахно В. М., Тарабан Ю. Г., Дідоборець О. Й., Клецков О. М. Використання мікродобрив для регенерації і відродження природної родючості ґрунтів. *Теоретичні та практичні питання аграрної науки: матеріали Міжнародної наук.-практ. конф. (Дніпро, 18 травня 2022 р.)*. Дніпро, 2022. С. 147–151.

155. Fu Z., Xi S. The effects of heavy metals on human metabolism. *Toxicology mechanisms and methods*. 2020 № 3. С. 167–176. DOI: <https://doi.org/10.1080/15376516.2019.1701594>

156 Akpor O. B., Ohiobor G. O., Olaolu D. T. Heavy metal pollutants in wastewater effluents: sources, effects and remediation. *Advances in Bioscience and Bioengineering*. 2014. V. 2. № 4. P. 37– 43.

157. Жалій Б. О. Важкі метали в ґрунті та їх вплив на організм людини. *XVI Менделєєвські читання: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (Полтава, 14–15 березня 2023 р.)*. Полтава, 2023. С. 21–22.

158. Wang S., Wu W., Liu F., Liao R., Hu Y. Accumulation of heavy metals in soil-crop systems: a review for wheat and corn. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. V. 24. P. 15209–15225.

159. Zhou M., Zheng S. Multi-omics uncover the mechanism of wheat under heavy metal stress. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022. V. 23. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms232415968>

160. Шамелашвілі К. Л., Шаторна В. Ф., Гарець В. І., Ломига Л. Л. Рівень накопичення кадмію та цинку в печінці щурів та їх вплив на активність печінкових ензимів при експериментальному впливі хлоридом кадмію. *Science, innovations and education: problems and prospects : abstracts of the 5th International scientific and practical conference.* (Tokyo, 8–10 december, 2021). Tokyo, 2021. P. 100–102.

161. Колосова І. І., Руденко К. М., Шаторна В. Ф. Кадмій – загроза для живих організмів (огляд літератури). *In Perspectives of world science and education: abstracts of the 5th International scientific and practical conference.* (Osaka, 29–31 january. 2020 y.). Osaka, 2020. P. 433–442.

162. Войтовська В. І., Рассадіна І. Ю., Климович Н. М., Третьякова С. О. Накопичення важких металів у зерні ячменю ярого (*Hordeum sativum*) залежно від сортових особливостей і тривалості зберігання. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2021. № 29. С. 62–71.

163. Баранов В. І., Карпінєць Л. І., Баня А. Р. Семенюк І. В., Карпенко О. В. Електрогідравлічний удар як чинник підвищення ефективності органічних добрив у агропромисловому виробництві. *Innovative Biosystems and Bioengineering*. 2022. № 2. P. 56–63. DOI: <https://doi.org/10.20535/ibb.2022.6.2.265327>

164. Червоний Д. Перспективи розвитку ринку органічних добрив в Україні. *Геополітика України: історія і сучасність*. 2023. № 30. С. 116–128. DOI: 10.24144/2078-1431.2023.1(30).116-128

165. Органічні добрива: навч. посіб. / [С. В. Журавель, М. М. Кравчук, Р. Б. Кропивницький та ін]. Житомир, 2020. 200 с.

166. Рибалова О. В., Мельнік Л. В., Бондаренко О. О., Коробкіна К. М. Акумулятивні властивості чорнобривців в процесі фіторемедіації забруднених важкими металами ґрунтів. *Trends of development modern science and practice: abstracts of the IX international scientific and practical conference.* (Stockholm, 16–19 nowember. 2021 y.). Stockholm, 2021. P. 208–212.

167. Корсун С. Г., Клименко І. І., Болоховська В. А., Болоховський В. В. Транслокація важких металів у системі «ґрунт–рослина» за вапнування та впливу біологічних препаратів. *Агроекологічний журнал.* 2019 № 1. С. 29–35. DOI: 10.46299/ISG.2021.II.IX

168. Борецька І. Ю., Джура Н. М., Романюк О. І. Фіторемедіація техногенно забруднених ґрунтів з використанням енергетичних культур. *Екологічні науки.* 2021. № 6(39). С. 72–76. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.11>

169. Моклячук Л. І., Ліщук А. М., Яцук І. П., Городиська І. М. Забруднення агроєкосистем непридатними пестицидами як регіональний індикатор стану земельних ресурсів. *Збалансоване природокористування.* 2017. № 2. Р. 140–144.

170. Малієнко А. М., Гаврилов С. О. Нульовий обробіток ґрунту–перспективи і шляхи його запровадження в Україні в світлі загальних закономірностей розвитку аграрних технологій. *Корми і кормовиробництво.* 2014. № 79. С. 9–15.

171. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення / Городній М. М. та ін. Київ: Алефа, 2004. 140 с.

172. Польовий В. М., Ященко Л. А., Ровна Г. Ф., Гук Б. В., Ювчик Н. О. Еколого-економічні аспекти вирощування пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) на дерново-підзолистих ґрунтах залежно від удобрення і вапнування. *Агроекологічний журнал.* 2021. № 2. С. 64–70. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234459>

173. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.

174. Томчук В. В. Управління поживними рештками і мульчею. *The scientific heritage*. 2020. № 46. Р. 35–45.

175. Горобець А. Г., Цилюрик О. І., Горбатенко А. І., Судак В. М. Вологозабезпеченість та урожайність польових культур за різних систем обробітку ґрунту в сівозміні. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2011. № 1. С. 20–25.

176. Білокінь О. А. Вплив застосування препаратів віталіст, неофіт та оазис на накопичення важких металів зеленою масою кукурудзи. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 2. С. 107–112.

177. Циганський В. І., Циганська О. І. Вплив вапнування ґрунту та передпосівного оброблення насіння на формування якісних показників сухої речовини люцерни посівної в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 4. С. 110–117.

178. Дідур І. М., Мостовенко В. В. Фотосинтетична активність гороху овочевого залежно від сортових особливостей, вапнування ґрунту та системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 19. С. 42–50. DOI: 10.37128/2707-5826-2020-4-4

179. Гамаюнова В. В., Литовченко А. О. Реакція сортів пшениці озимої на фактори та умови вирощування в зоні Степу України. *Вісник ХНАУ. Серія : Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання*. 2017. № 1. С. 43–52.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, МЕТОДИКА ТА ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Природно-кліматичні умови Лісостепу Правобережного

Територія України славиться різноманітністю своєї екосистеми та багатогранною природою, великою кількістю природних зон. Україна, внаслідок свого розташування, має п'ять природних зон: мішані ліси, лісостеп, степ, Карпатські та Кримські гори. Ці території мають спільні природні умови, рослинність, рельєф, клімат, тваринний світ. Майже усю центральну Україну займає лісостепова зона – це близько 34% площі. Вона простягається від зони широколистяних лісів широкою смугою від південного заходу на північний схід до східних кордонів нашої країни.

У межах цієї зони розміщені такі лісостепові райони: Волинської, Рівненської, Львівської, Тернопільської, Чернівецької, Житомирської, Київської, Чернігівської, Сумської, Одеської, Кіровоградської, Полтавської, Харківської, Вінницької та Черкаської областей. Південний кордон Лісостепу проходить південніше Подільська (Одеська обл.), північніше Кропивницького, південніше Кобеляків та Карлівки (Полтавська обл.).

Лісостепова зона характеризується переважно рівнинним рельєфом. Хоча західну частину час від часу перекривають відроги Карпатських гір, а східна частина – рівнинна, але в правобережній частині рельєф зрізаний, що характеризує наявність розвитку водної ерозії у цій зоні.

Лісостеп поєднує в собі різноманітні ландшафти. Природна зона, яка має різний рельєф та складається з плоских рівнин, долин, річок і луків. Основу річкової мережі цієї природної зони формують Дністер, Дніпро, Південний Буг, Сіверський Донець та їхні притоки. У географії регіону вони відіграють важливу роль, забезпечуючи водою рослини та тварини. Нестача озер і природних водойм компенсується ставками поблизу населених пунктів [1].

Ґрунтовий покрив Лісостепу займають різні види чорноземів здебільшого типові та опідзолені, також наявні такі типи ґрунтів як: сірі лісові, світло-сірі,

та темно-сірі, які характеризуються як більш бідні ґрунти. Ґрунти з найвищим рівнем родючості розміщені у середніх і східних частинах зони Лісостепу [1].

Загальна площа зони Лісостепу становить 22,2 млн га, зокрема сільськогосподарських угідь 16,6 млн га (74,7%), з них: рілля – 13,5 млн га (61,0%), перелоги – 127,2 тис. га (0,6%), багаторічні насадження – 333,7 тис. га (1,5%), сіножаті – 1,0 млн га (4,6%), пасовища – 1,6 млн га (7,1%). Ліси та інші лісовкриті площі займають 3,1 млн га (14,0 %), забудовані землі – 0,9 млн га (4,1%), відкриті заболочені землі – 352,3 тис. га (1,6%), відкриті землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом – 181,0 тис. га (0,8%), під водою – 638,8 тис. га (2,9%). З усіх земель природоохоронного призначення 658,5 тис. га, оздоровчого призначення – 8,8 тис. га, рекреаційного призначення – 5,5 тис. га, історико-культурного призначення – 17,9 тис. га [2].

У структурі посівних площ Лісостепу посіви зернових становлять – 45 – 50%, зокрема пшениці озимої 25 – 30%, технічні культури – 15 – 25%, кормові/овочеві культури 20 – 36% [1].

Сівозміни досить насичені зерновими культурами, які займають 55–65% загальної площі рілля, з них половину становлять площі під пшеницею озимою. У центральних і південних районах вирощують ячмінь озимий, врожайність якого часто перевищує врожайність ярого, хоч останній, як і горох, поширений усім Лісостепом [1].

Відповідно до сучасної структури природно-сільськогосподарського та агроґрунтового районування України зону Лісостепу поділяють на три провінції: Лісостеп західний, Лісостеп Правобережний і Лісостеп лівобережний [3].

Лісостеп Правобережний розташований у центральній частині України і має у своєму складі Вінницьку область, східну частину Хмельницької, південну – Житомирської та Київської, північну Одеської, північно-західну Кропивницької і майже усю Черкаську область за винятком прибережної смуги Дніпра.

Загалом рельєф Лісостепу Правобережного – рівнинний, хоча місцями має нерівну місцевість. Здебільшого ця територія – це суглинкові ґрунти, на півночі переважають легкосуглинкові та середньосуглинкові, а на півдні – важкосуглинкові. Ґрунтовий покрив відносно однорідний.

У сірих лісових ґрунтах вміст гумусу невисокий (2,0–2,5%), переважає головню у гумусово-елювіальному горизонті, що є причиною низьких запасів (150–200 т/га). Ґрунтовий розчин має кислу реакцію (рН сол. 4,5–5,5), висока гідролітична кислотність (2,5–4,0 мг-екв./100 г ґрунту), близько 70–80% становить ступінь насиченості основами. Переважно сума обмінних основ складає близько 12–14 мг-екв./100 г ґрунту. У сукупності ці всі факти сприяють малородючості сірих лісових ґрунтів [4].

Через неактивний водно-повітряний режим і високу кислотність, сірі лісові ґрунти погано забезпечені мінеральними формами азоту та мають низькі нітрифікаційні властивості. У зв'язку з низьким вмістом гумусу сірі лісові ґрунти постійно потребують загального азоту, водночас запаси азоту в цих ґрунтах невеликі та не перевищують 4–5 т/га у гумусовій товщі. Це є причиною дефіциту азоту для зернових злакових культур та хорошу реакцію на внесення азотних добрив [3].

Місткість валового вмісту фосфору в сірих лісових ґрунтах, що залежить від механічного складу, невелика і не перевищує 0,10–0,13%. Є тенденція, що в ілювіальних горизонтах і ґрунтоутвірній породі з глибиною вміст фосфору знижується до 0,02–0,03%. Що засвідчує біологічне походження запасів і рухомість фосфатів сірих лісових ґрунтів та призводить до потреби злаковими зерновими рослинами азотних та фосфорних добрив [4, 5].

Набагато краще сірі лісові ґрунти забезпечені калієм, через залежність валового вмісту його від механічного складу. З огляду на вміст обмінного калію та рухомих фосфатів сірі й сірі лісові ґрунти вважають середньо забезпеченими. На цих ґрунтах злакові зернові культури позитивно реагують на калійні та фосфорні добрива [3, 6–8].

Протягом останніх десятиліть агроценози Лісостепу Правобережного, за умов інтенсивного землеробства та змін клімату, набувають суттєвих змін антропогенного й природного походження, що відіграє вирішальну роль впливу на екосистему. Аналізуючи зернове виробництво території Лісостепу за 2005–2020 рр., зауважуємо поступове, систематичне зростання площ посівів і врожайності. Наслідки цих факторів впливу ми спостерігаємо в зменшеннях середньорічної кількості опадів у травні–серпні, що супроводжується режимом дефіциту вологозабезпечення, наслідком чого є падіння ГТК. Зволоження ґрунтів – це один з основних чинників якісного землеробства регіону. Зниження вмісту гумусу протягом останніх десятиліть із 2,77% до 2,44%. Очевидно, що екосистемам регіону загрожують і ерозії ґрунтів, які зумовлені особливостями макрорельєфу та мало обґрунтованою інтенсифікацією аграрного виробництва [9].

Основні групи ризиків тісно пов'язані між собою та мають як причину так і наслідок інших груп. Цей негативний вплив на екосистему вимагає суттєвого наукового обґрунтування, який стане причиною для зміни ставлення до обробітку ґрунту. Застосування нульового обробітку на сірих лісових ґрунтах сприяє стабілізації вмісту гумусу, зростанню чисельності дощового черв'яка через збільшення запасів продуктивної вологи в ґрунті [9].

Дослідження проводилися на території Лісостепу Правобережного в умовах Вінницької області.

Основні екологічні проблеми області:

- забруднення атмосферного повітря внаслідок викидів шкідливих речовин;
- забруднення водних ресурсів;
- забруднення ґрунтів і земельних ресурсів;
- зростання захворювання населення;
- погіршення стану природного середовища;
- неконтрольоване знищення та ушкодження тварин, рослин і лісів [10].

Клімат у лісостеповій зоні помірно континентальний. Середні температури січня від $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на заході до $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ на сході, липня від $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вегетаційний період триває 190–210 днів, а сума активних температур повітря коливається від 2500 до 3400 $^{\circ}\text{C}$. З півночі на південь кількість опадів зменшується на 650–500 мм на рік. Природна територія зволожена добре, хоча іноді бувають посухи. Основна частина опадів випадає з квітня до вересня. Літо тепле, хоча характерні часті зливи. Зими помірно холодні. З листопада до березня може утворитися сніговий покрив [1].

Клімату Вінницької області характерне літо з частими переходами від шквальних дощів до періодів посухи. Зима на цій території помірно м'яка, тепла та недовга. Території області характерні такі несприятливі кліматичні явища як: тумани до 60 днів у холодну пору року та хуртовини тривалістю до 20 днів, і шквальні грози з градами до 5 днів на рік. Території Вінницької області притаманні середні багаторічні кліматичні показники, що наведені у (табл. 2.1).

Сніговий покрив у Вінницькій області нестійкий і малий 14–17 см, у середньому глибина промерзання ґрунту приблизно 54 см. Також узимку властива нестійка погода паралельно з низькими температурами, бувають відлиги, наслідком чого є утворення льодової кірки, що негативно впливає на перезимівлю озимих злакових культур. Середньорічна температура ґрунту 7,5–8,4 $^{\circ}\text{C}$. Волога з поверхні ґрунту випаровується у незначній кількості, приблизно 5–40 м³/га за добу, хоча влітку характерні часті посушливі періоди, що негативно впливає на ріст рослин [11].

Спостерігаючи середні багаторічні метеорологічні показники (табл. 2.1). ми бачимо навесні перехід від $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ середньодобових температур. Це відбувається з припиненням нічних заморозків на початку квітня. Початком літа є друга половина травня, коли припиняються останні заморозки. Початком осені вважають перехід середньодобової температури повітря від $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче. Початок жовтня – це настання осіннього періоду, коли спостерігають перші приморозки на поверхні ґрунту. Перехід середньодобових температур

повітря від +5 °С і нижче підтверджує настання зими та розпочинається на початку грудня. Це пояснює тривалість вегетаційного періоду близько 200–205 діб.

Таблиця 2.1

Кліматичні середні багаторічні показники

	Кліматичний показник	Величина
1.	Абсолютний мінімум температури повітря, t °С	–33
2.	Абсолютний максимум температури повітря, t °С	+40
3.	Середньорічна температура повітря, t °С	6,8–7,0
4.	Середня температура впродовж вегетаційного періоду (квітень–серпень), °С	12,4–13,5
5.	Середньорічна температура ґрунту, t °С	7,5–8,4
6.	Середня глибина промерзання ґрунту, см	54
7.	Середньорічний гідротермічний коефіцієнт	1,2–1,8
8.	Сума середньорічних атмосферних опадів за рік, мм	582–633
9.	Сума середньорічних опадів за вегетаційний період, мм	370–427
10.	Середня максимальна висота снігового покриву, см	14–17
11.	Середня швидкість вітру, м/с	1,7–3,3
12.	Напрямок панівних вітрів	Північно-західний

Джерело сформовано автором на основі [11, 12]

Середньорічна кількість атмосферних опадів складає за рік 582–633 мм, близько 370–427 мм опадів випадає протягом вегетаційного періоду. Найменше вологи випадає взимку – 30–35 мм/міс., найбільше влітку – 80–90 мм/міс. Цій області характерні посушливі періоди, у середньому за рік трапляється 4

бездошові періоди тривалістю до 10 діб, 2 періоди тривалістю до 15 діб, 1 до 20 діб та кожні два роки тривалістю понад 25 діб. Зазвичай кожен третій–четвертий дощ має зливовий характер, наслідком цього є стікання вологи в низини, що спричиняє розвиток ерозійних процесів і утворення кірки на поверхні ґрунту.

Нестійкий і неглибокий сніговий покрив, що з'являється у грудні, а зникає у березні. Запас вологи на період проростання озимих зернових культур становить 130–140 мм.

Для цього району характерні переважно північно-західні вітри, хоча трапляються західні та південні у весняно-літній період, що створює умови для посиленого випаровування вологи [11].

2.2. Умови проведення досліджень

Територія Вінницької області перебуває майже в центрі Правобережної України має протяжність з півночі на південь 204 км, а зі сходу на захід 196 км, площа території становить 26,5 тис. км. Область поділяють на три райони за агрономічними умовами: північно-східний, центральний та південний. Область займає вигідне географічне положення. Рельєф Вінницької області характеризують як височинний. Основою цього є Придніпровська височина та Подільське плато.

Районним центром Вінницького району є місто Вінниця. Відстань від райцентру до населеного пункту Василівка становить 27 кілометрів прямою дорогою (довжина маршруту автомобільними дорогами може бути більшою).

Польові дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. на сірих лісових ґрунтах в умовах дослідних ділянок фермерського господарства «Зоря Василівки» (Тиврівська селищна територіальна громада, с. Василівка).

Фермерське господарство «Зоря Василівки» розташоване у північно-східній частині області, яка характеризується помірно теплим і помірно вологим кліматом. Територія села входить до складу Вінницького району цієї області. Згідно з Кодифікатором адміністративно-територіальних одиниць і

територій територіальних громад України, населений пункт Василівка має код UA05020270020087083 [13].

Діяльність ФГ «Зоря Василівки» зосереджена на виробництві продукції рослинництва (рис. 2.1). Розміри посівних площ під землекористування складають 753 га землі. Це підприємство спеціалізується на вирощуванні зернових культур, бобових культур і насіння олійних культур (пшениця, ячмінь, кукурудза, горох, соняшник, соя).

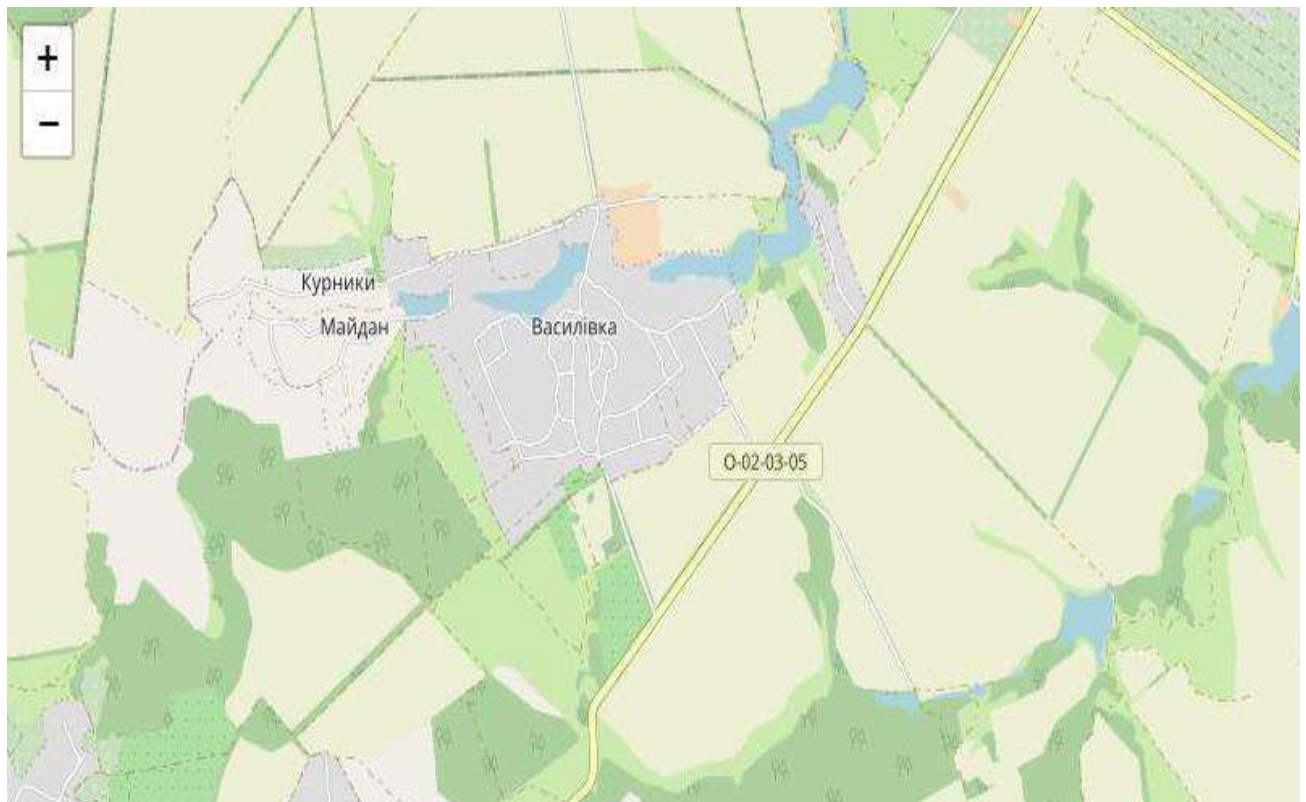


Рисунок 2.1 – Мапа розташування фермерського господарства «Зоря Василівки» [14]

Джерело: сформовано автором на основі джерел [14]

Для ФГ «Зоря Василівки» характерні сірі лісові ґрунти, які утворилися в процесі природного заростання степових просторів широколистяними лісами. Вони мають відносно якісні агрономічні властивості та є достатньо родючими для злакових рослин. На території фермерського господарства ґрунтові води задовільні для господарського водопостачання та зрошування [13].

Дані рис. (2.2) свідчать, що у структурі землекористування ФГ «Зоря Василівки» основну частину становлять орні землі.



Рисунок 2.2 – Структура землекористування фермерського господарства «Зоря Василівки» [14]

Джерело: сформовано автором на основі джерел [14]

За період досліджень 2021–2023 рр. було проведено аналіз і спостереження погодних умов, що склалися протягом років спостереження та за вегетаційного періоду зернових злакових рослин (табл. 2.2), (рис. 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10).

Спостерігаючи за кліматичними показниками в умовах 2021–2023 років необхідно відзначити, що середньорічна температура та температура впродовж вегетаційного періоду за усі три роки була вища за середній багаторічний показник температури та за середній показник температури протягом вегетаційного періоду (табл. 2.2).

Аналізуючи погодні умови 2021 року необхідно зауважити, що це був найбільш сприятливий рік для росту та розвитку зернових злакових культур. Кількість середньорічних опадів і температур в умовах 2021 року були найбільш наближеними до багаторічних показників. Сукупність опадів за

вегетаційний період і температурний режим в умовах 2021 року також були найбільш наближені до багаторічних показників у порівнянні з іншими досліджуваними роками (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Погодні умови в роки проведення досліджень

Показники	Багаторічний показник	Роки досліджень		
		2021	2022	2023
Середньорічна температура, °С	6,8–7,0	8,3	9,34	10,65
Сума опадів за рік, мм	582–633	582,4	479	540,3

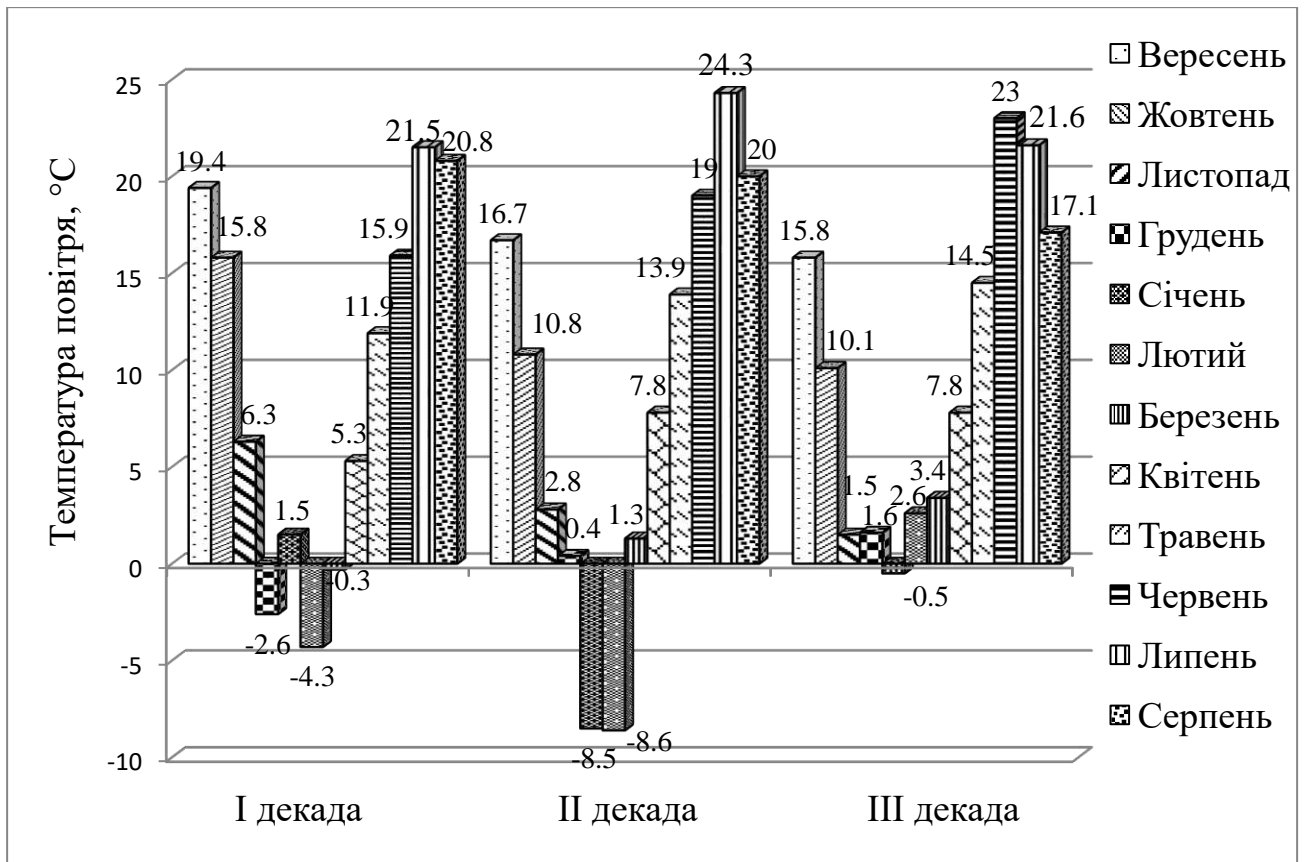
Джерело: сформовано автором на основі джерел [11, 12, 15]

В умовах 2021 року середньорічна температура становила 8,3 °С, що було на 1,3 °С вище багаторічних показників, сума річних опадів склала 582,4 мм, що максимально наближалось до середніх багаторічних показників. Для визначення оптимальних строків посіву злакових культур 2021 року були проведені ще додаткові спостереження за температурним режимом і зволоженням (рис. 2.3, 2.4).

Спостереження показали, що середньомісячна температура вересня була 17,3 °С, а жовтня 12,2 °С, що було оптимально для посівів озимих культур. Хоча зимовий період виявився аномально теплим, метеорологічна зима не розпочалася і сніговий покрив був майже відсутнім.

Вегетаційний період в умовах 2021 року навесні характеризувався найнижчою температурою у першій декаді квітня 5,3 °С, середньомісячна температура цієї весни була взагалі найнижча серед досліджуваних років у квітні 6,9 °С, а у травні 13,4 °С це на 2,1 °С та 1,6 °С було нижче за середні багаторічні весняні температури відповідно. Через це було вирішено проводити майбутній посів зерна злакових культур у II–III декаді квітня (за умов оптимальної середньодобової температури 7,8 °С для посіву зерна злакових культур). Досить неочікуване підвищення температурних режимів були

характерні для II–III декади липня, температура липня в умовах 2021 року була 22,4 °С, що було на 2,4 °С вище за середні багаторічні показники.



**Рисунок 2.3 – Температурні показники вегетаційного періоду
2020 – 2021 року, °С**

Джерело: сформовано автором за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології [15]

Осінні опади в цілому склали 148,4 мм, волога у ґрунті мала значні запаси необхідні їй для бубнявіння насіння, та процесу куцнення.

Навесні протягом квітня спостерігався незначний дефіцит опадів 33 мм, що було на 13 мм нижче порівняно з середніми багаторічними опадами, хоча збільшення опадів у травні до 100 мм, що на 54 мм вище за середні багаторічні опади значно прискорила фазовий розвиток озимих і ярих злакових культур (рис. 2.4). За 2020 – 2021 роки кількість опадів склала 673,4 мм, що на 40,4 мм більше за середні багаторічні показники. Температурні режими перевищували багаторічні показники на 0,27 °С.

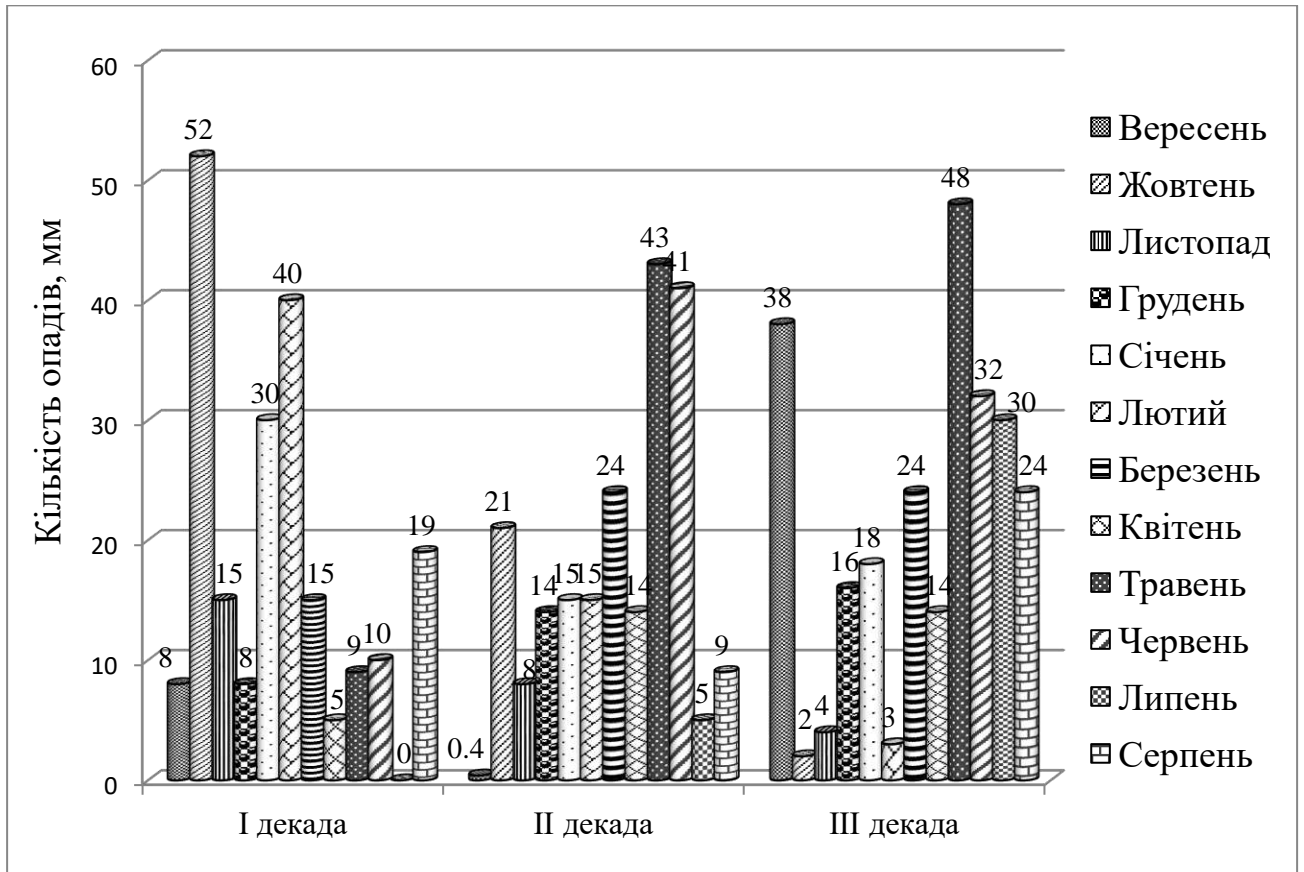


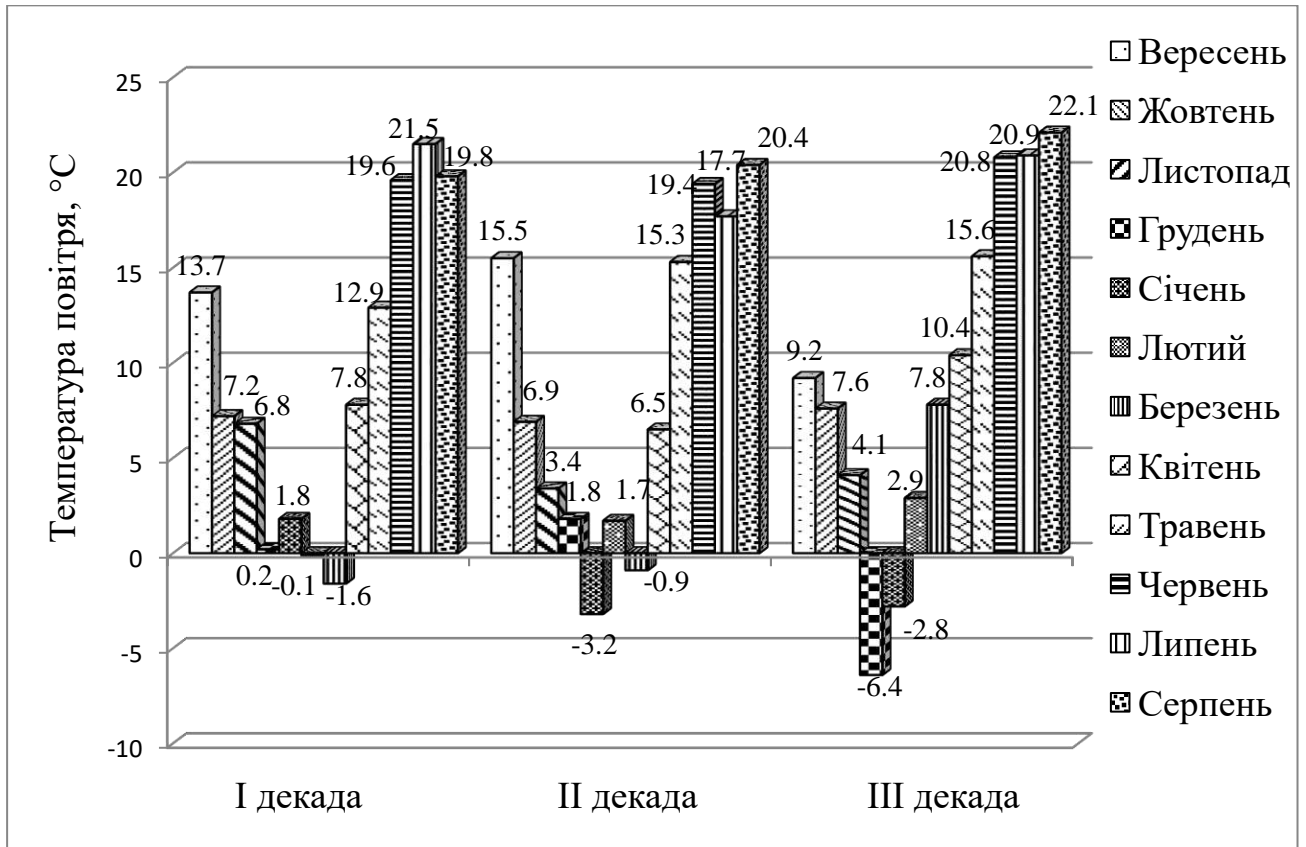
Рисунок 2.4 – Кількість опадів за вегетаційний період 2020 – 2021 рр., мм

Джерело: сформовано автором за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології [15]

Спостереження в умовах 2021 – 2022 років (рис. 2.5) показали, що середньомісячна температура вересня була 12,7 °С, а жовтня 7,2 °С, що було нижче за попередній рік на 4,5 °С та 9,5 °С відповідно. Низькі середньомісячні перепади температурних режимів денних та нічних температур створили дещо складні умови для посівів та комфортної вегетації злакових культур.

Згідно із даними весняна середня місячна температура квітня в умовах 2022 року були 8,2 °С, що на 1,2 °С нижче за середній багаторічний показник. Друга декада квітня мала найнижчу середньодобову температуру та становила 6,5 °С, а перехід у середньодобові температури 10 °С відбувся лише у III декаді квітня.

Низькі показники опадів протягом 2021 – 2022 років, що були майже відсутні та вплинули на вологозабезпеченість ґрунту та стан посівів озимих зернових культур (рис. 2.6).



**Рисунок 2.5 – Температурні показники вегетаційного періоду
2021 – 2022 рр., °С**

Джерело: сформовано автором за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології [15]

Щодо забезпечення вологою злакових культур (рис. 2.6) варто зазначити, що навесні в умовах 2022 року сума опадів становила 79,6 мм, що на 20,4 мм нижче середніх багаторічних показників. Найменша кількість опадів була в I–II декадах травня, взагалі кількість опадів у травні була всього 34,6 мм, що на 19,9 мм було менше за середні багаторічні показники. Найбільша кількість опадів випала у II декаді серпня 51мм, це було аномальне явище так як уже у III декаді серпня зволоження було надзвичайно мало лише 0,5 мм.

За 2021 – 2022 роки кількість опадів склала 373,5 мм, що становило нижче на 226,5 мм за середні багаторічні показники та майже на 300 мм за попередній 2020 – 2021 роки. Середньорічний температурний режим становив 9,05 °С, що було вище на 2,05 °С за середні багаторічні показники (рис. 2.6). Слід відзначити, що в умовах 2021 – 2022 років середньорічна температура

складала 9,05, що було нижче на 0,22 °С за попередній 2020 – 2021 роки, а кількість опадів за весняний вегетаційний період мав найнижчі показники опадів 222,1 мм за усі досліджувані роки.

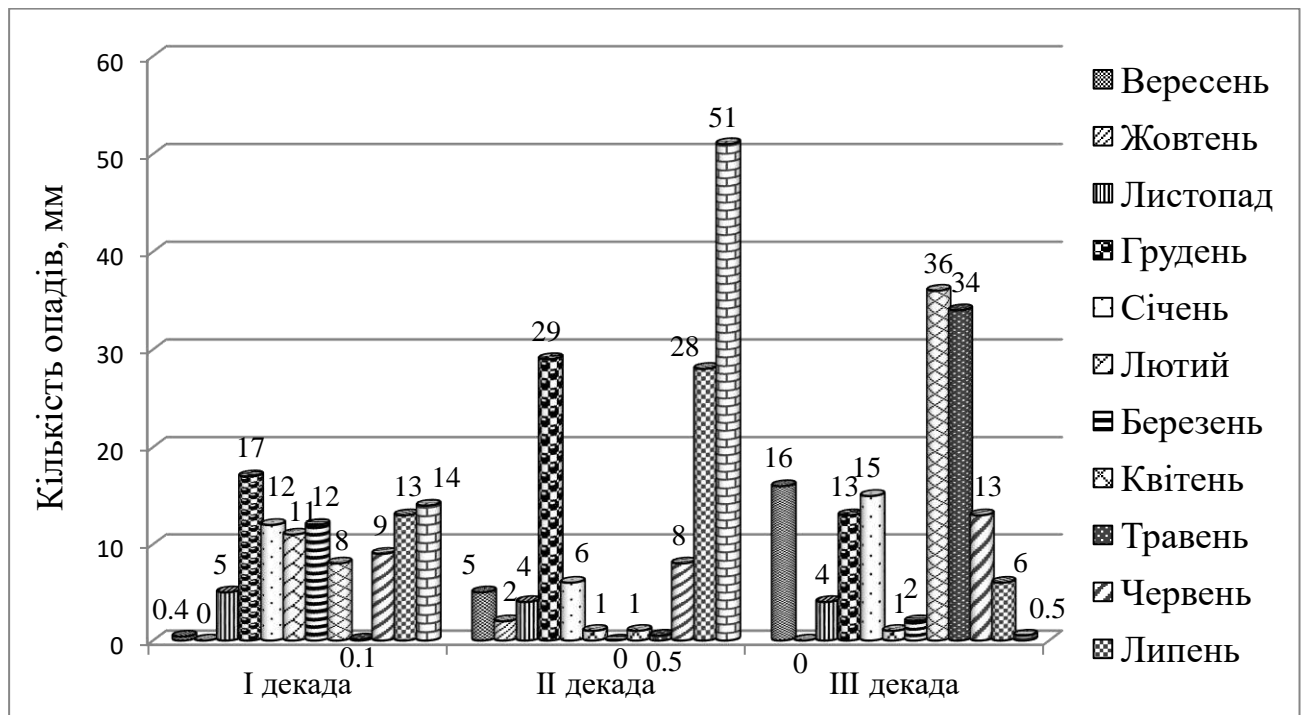


Рисунок 2.6 – Кількість опадів за вегетаційний період 2021 – 2022 рр., мм

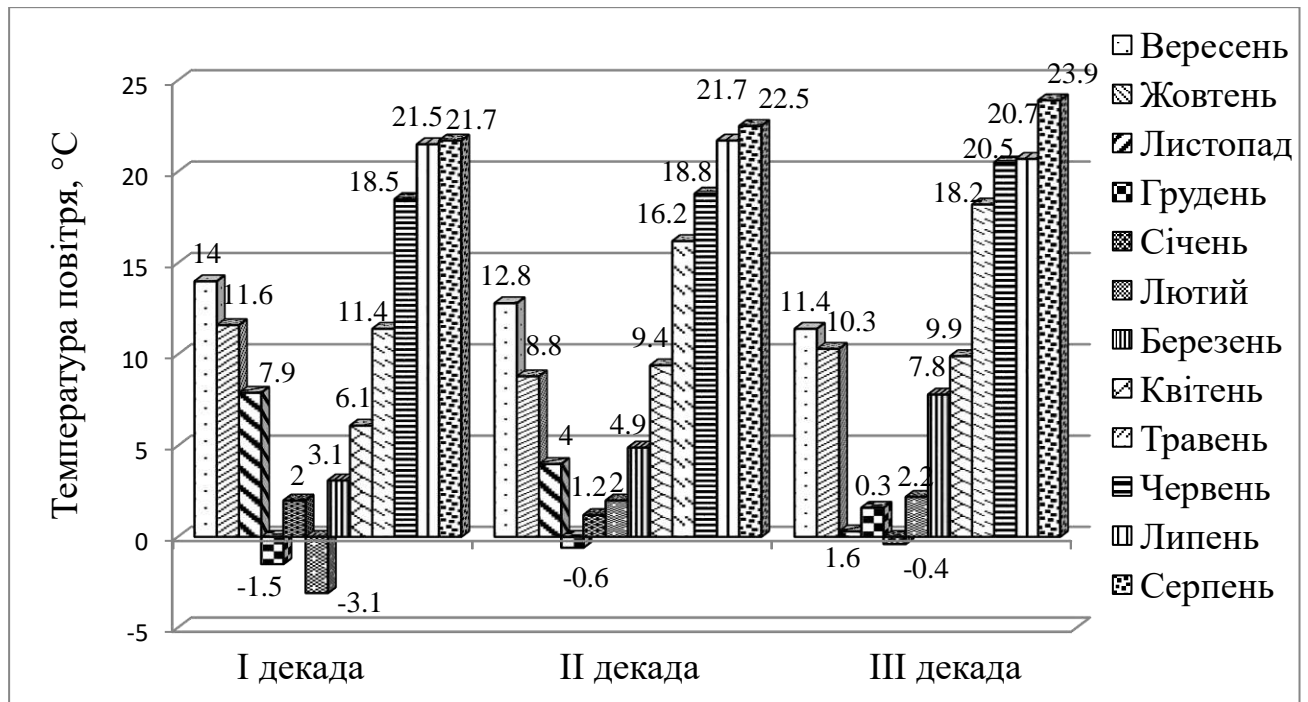
Джерело: сформовано автором за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології [15]

Спостерігаючи за кліматичними умовами 2022 – 2023 років, необхідно зазначити наявність великих контрастів температурних режимів і систематичну нестабільність вологозабезпечення, особливо весняного періоду (рис. 2.7., 2.8).

Середньомісячна температура вересня була 12,7 °С, а жовтня 10,2 °С, що було комфортно для осінніх посівів озимих культур.

Весняні температури в умовах 2023 року були суттєво вищі за температурні режими весняних періодів попередніх досліджуваних років. Отже, у квітні середньомісячна температура складала 8,4 °С, що було вище на 0,2 °С і на 1,94 °С за квітень 2022 та 2021 років відповідно. За умов 2023 року в травні та серпні були найвищі температурні показники, порівняно з іншими досліджуваними роками та багаторічними показниками. Особливо нетиповий весняний режим був для III декади травня 18,2 °С, середньомісячна

температура травня складала 15,2 °С, а у серпні 22,7 °С. Це було вище на 0,2 °С та 3,0 °С за багаторічні температурні показники (рис. 2.7).



**Рисунок 2.7 – Температурні показники вегетаційного періоду
2022 – 2023 рр., °С**

Джерело: сформовано автором за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології [15]

Опади в умовах 2022 – 2023 року за весняний вегетаційний період були менші за багаторічні показники за підвищених весняно-літніх температур. Це вплинуло на процеси росту та розвитку злакових рослин, особливо значних втрат зазнали ярі злакові (рис. 2.8).

Так у I декаді квітня спостерігали найбільшу кількість опадів 55 мм, а в III декаді квітня уже було 7 мм. Травень 2023 року характеризується найнижчою кількістю опадів, так як це був найпосушливіший весняний місяць вегетаційного періоду за I декаду було 3 мм, за II – 0 мм, за III – 0,3 мм, усього 3,3 мм, так 2022 року була більша кількість опадів на 31,3 мм, а 2021 – на 96,7 мм відповідно.

Узагальнюючи кліматичні умови 2022 – 2023 років, спостерігали найвищі температурні режими, що супроводжувалися частими посухами, що певною мірою негативно вплинуло на урожайність зерна ярих злакових культур,

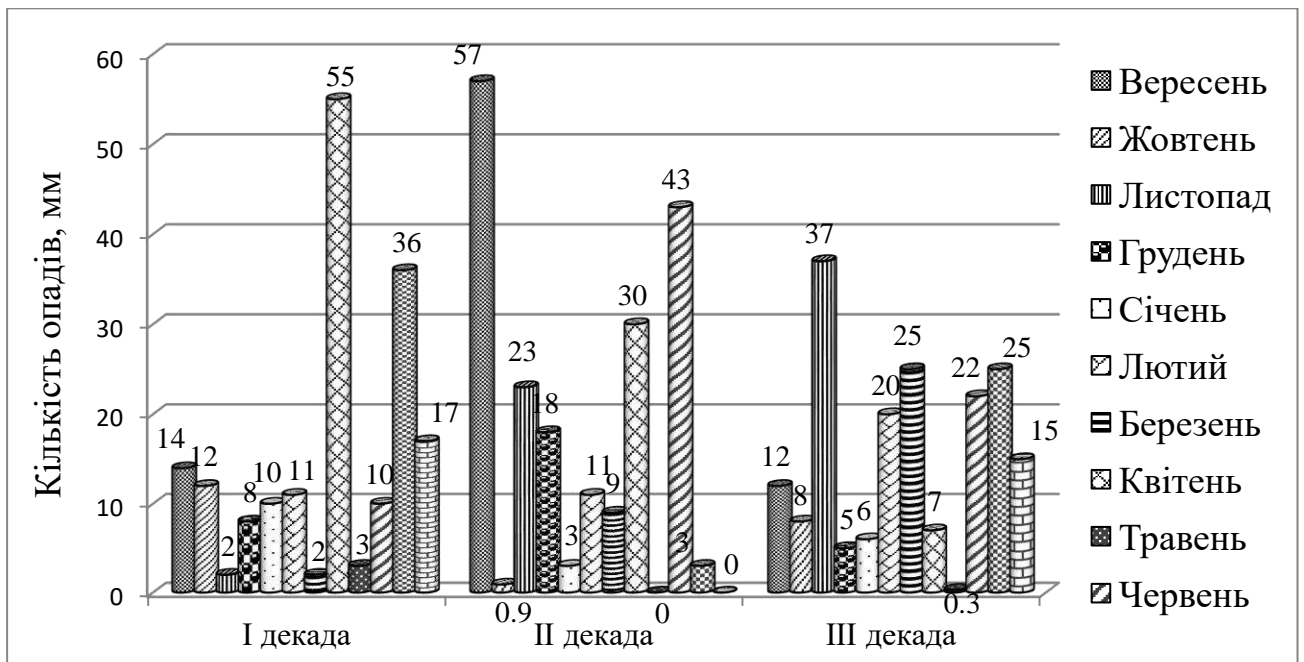


Рисунок 2.8 – Кількість опадів за вегетаційний період 2022 – 2023 рр., мм

Джерело: сформовано автором за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології [15]

Отже, підсумовуючи температурний режим вегетаційного періоду 2021–2023 досліджуваних років варто зауважити, що найнижчі значення температури повітря за 2021 рік спостерігали протягом квітня $6,9^{\circ}\text{C}$, травня – $13,4^{\circ}\text{C}$, та серпня – $19,3^{\circ}\text{C}$, що було нижче за середні багаторічні показники на $2,1^{\circ}\text{C}$; $1,6^{\circ}\text{C}$; і $0,4^{\circ}\text{C}$ відповідно. Найвищі температурні режими, які були вищі в порівнянні з середніми багаторічними показниками, спостерігалися 2023 року впродовж травня $15,2^{\circ}\text{C}$ та серпня – $22,7^{\circ}\text{C}$, на $0,2^{\circ}\text{C}$ та 3°C (рис. 2.9).

Кліматичні умови 2023 року характеризуються найвищими середньомісячними температурними режимами відносно інших досліджуваних років (рис. 2.7, 2.8). Середньорічна температура в умовах 2023 року становила $10,65^{\circ}\text{C}$, що було вище за середній багаторічний показник на $3,65^{\circ}\text{C}$. Зволоження в умовах 2023 року становило $542,3\text{ мм}$, що нижче за багаторічний показник на $41,7\text{ мм}$.

Аналізуючи статистичні дані середньомісячних температур вегетаційного періоду досліджуваних років, помічаємо систематичне зростання температур повітря, так як найнижчі показники середньомісячних температур

вегетаційного періоду припали на 2021 рік, а найвищі показники середньомісячних температур спостерігалися 2023 року.

Середньомісячна температура повітря за вегетаційний період (квітня-серпня) 2021 року становила 16,2 °С, що були найближчі до середніх багаторічних даних. Температурні режими вегетаційного періоду (квітня-серпня) 2022 року становили 16,7 °С, що на 0,36 °С були вищі середніх багаторічних температур. Показники середньомісячних температур вегетаційного періоду (квітня-серпня) 2023 року були 17,3 °С і перевищували середні багаторічні температури повітря вегетаційного періоду на 1,02 °С.

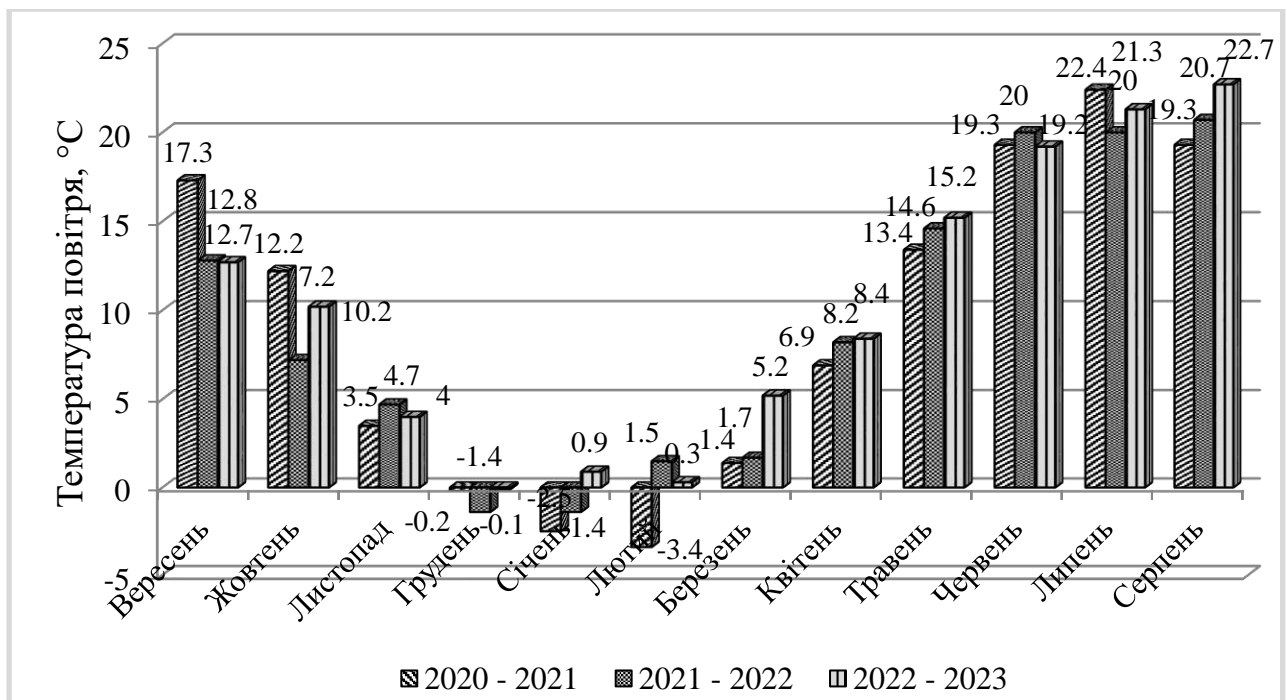


Рисунок 2.9 – Температура повітря впродовж періоду досліджень, °С

Джерело: сформовано автором за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології [15]

Отже, показники зволоження ґрунтів опадами за вегетаційний період досліджуваних 2021–2023 років нам демонструє (рис. 2.10). Найменша кількість опадів у вегетаційний період за (квітень-серпень) випав 2022 року це 222,1 мм, що на 147,9 мм менше за середні багаторічні дані, на 100,9 мм та на 44,2 мм нижчі за 2021 та 2023 роки відповідно.

Так найбільша кількість опадів за вегетаційний період (квітня-серпня) 2021 року складала 303 мм, що було менше за середні багаторічні показники на 67 мм і менше на 80,9 мм, 36,7 мм за досліджувані 2022, 2023 роки відповідно.

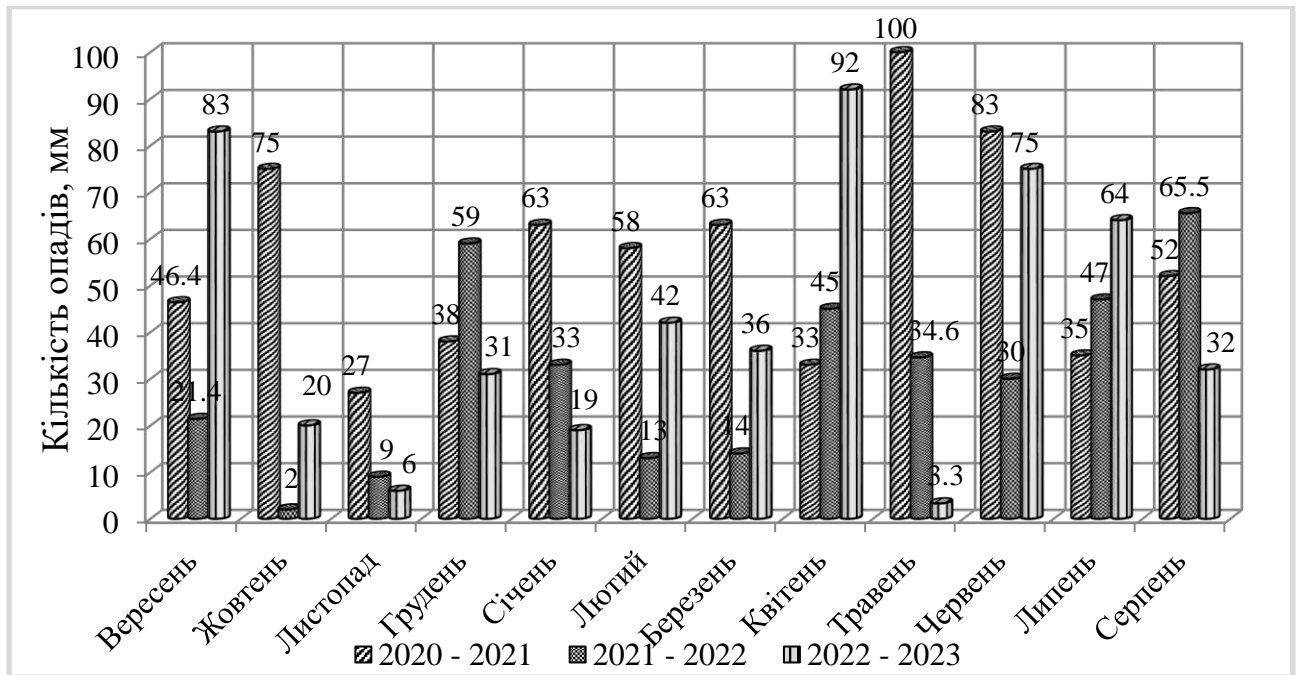


Рисунок 2.10 – Кількість опадів за період досліджень, мм

Джерело: сформовано автором за даними Вінницького обласного центру з гідрометеорології [15]

Загалом за досліджувані роки найтеплішим був 2023 рік, коли середньодобова температура становила 10,65 °С. Найкраще забезпечений вологою був 2021 рік, коли випало 582,4 мм опадів, що на 0,4 мм більше норми. 2022 року сума опадів була найменша у порівнянні з середніми багаторічними показниками (дод. Г 1 – 2).

2.3. Програма, схема та методика досліджень

Дослідження, щодо досягнення мети поставленої в дисертаційній роботі, містили чотири напрямки (рис. 2.1.). Перший із яких охоплював вивчення рівня забруднення зерна злакових важкими металам, другий – накопичення важких металів у зерні злаків залежно від їх озимих та ярих форм, третій – урожайність й накопичення важких металів зерном злаків залежно від рівня зволоження ґрунтів та четвертий – урожайність й накопичення важких металів за різного мінерального удобрення.

Усі теоретичні дослідження здійснювали за програмою на (рис. 2.11).

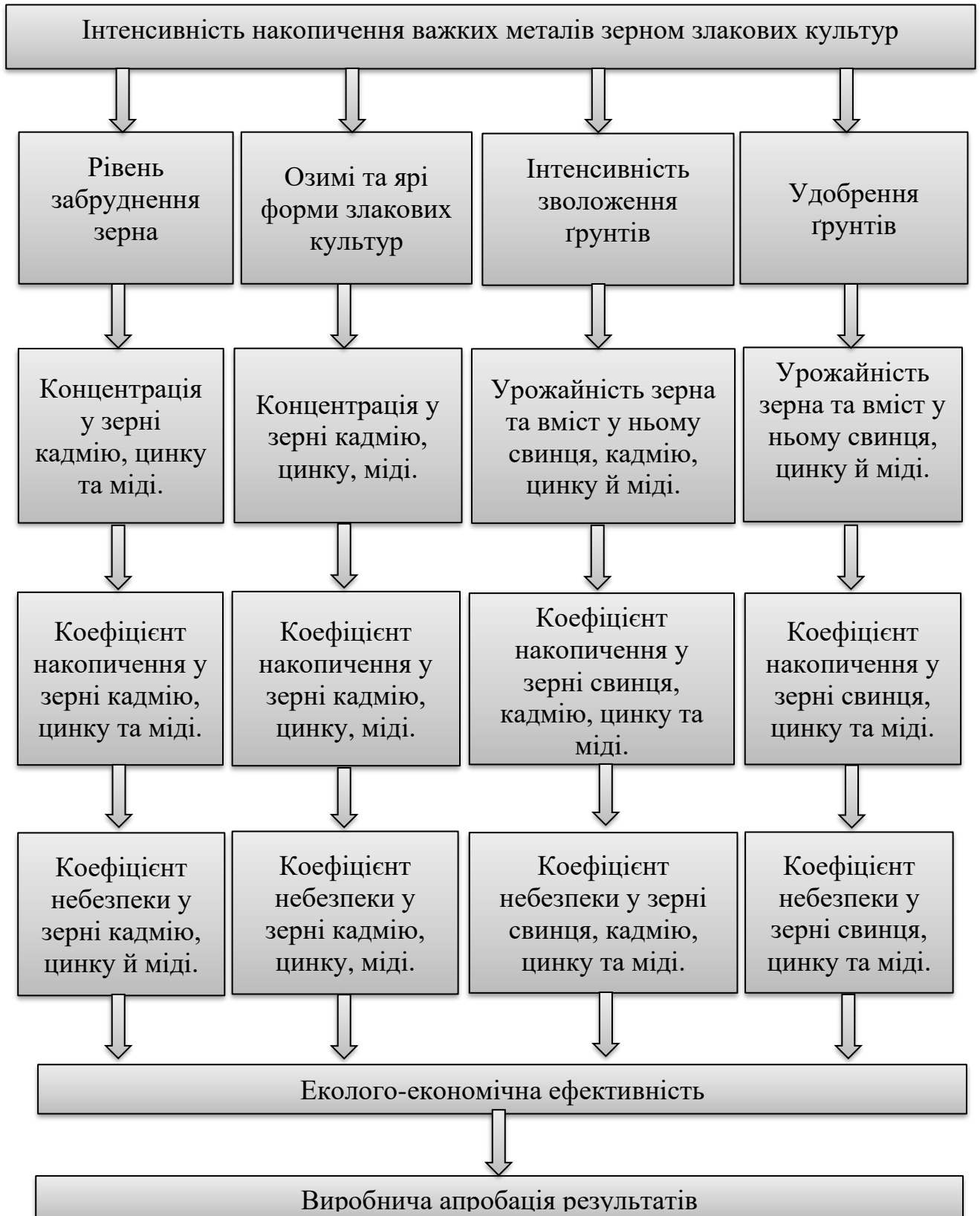


Рисунок 2.11 – Програма досліджень

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Перший дослід охоплював вивчення інтенсивності накопичення зерна злакових культур кадмієм, цинком, міддю, а також коефіцієнтом їхнього накопичення й небезпеки. Злакових культур вирощених в сучасних кліматичних умовах та за інтенсивного землеробства.

Другий дослід включав інтенсивність накопичення в зернах злакових культур, кадмію, цинку, і міді, а також коефіцієнт їхнього накопичення й небезпеки залежно від озимих та ярих форм вирощування.

Третій дослід містив у собі вивчення урожайності та інтенсивність накопичення в зернах злакових культур, свинцем, кадмієм, цинком, міддю та коефіцієнт їхнього накопичення й небезпеки залежно від рівня зволоження ґрунтів.

Четвертий дослід був спрямований на вивчення урожайності, інтенсивності накопичення у зерні злаків свинцю, цинку та міді залежно від мінерального удобрення ґрунтів.

Кожен дослід мав контрольний і дослідницький варіант. Кожен варіант дослідження складався з чотирьох повторностей. Вирощування злакових рослин містили: обробіток ґрунту, посів, догляд за посівами та збір урожаю.

Дослід № 1. Вплив залежно від озимих та ярих форм зерна злакових культур на хімічний склад насіння та екологічну безпеку.

Мета – вивчення накопичення кадмію, цинку й міді у зерні пшениці та ячменю залежно від озимих та ярих форм.

Таблиця 2.3

Схема дослідів № 1

Чинник А	Чинник Б
Озимі і ярі форми вирощування:	Концентрація важких металів у зерні
1. Пшениця озима	1. Кадмій
2. Пшениця яра	2. Цинк
3. Ячмінь озимий	3. Мідь
4. Ячмінь ярий	

Дослідження накопичення кадмію, цинку й міді у зерні злакових культур в умовах Лісостепу Правобережного за різного періоду вегетації сортів: пшениця озима (Акратос) і ячмінь озимий (Луран) та ярі злаки: пшениця яра (Ксантія) і ячмінь ярий (Геліос).

Дослід № 2. Вплив різного рівня зволоження ґрунтів на хімічний склад насіння, врожайність та екологічну безпеку зерна злакових культур.

Мета – вивчення урожайності та аномальних норм зволоження ґрунтів на накопичення свинцю, кадмію, цинку й міді у зерні пшениці озимої та ячменю озимого, ярого.

Таблиця 2.4

Схема дослід № 2

Чинник А Озимі і ярі форми вирощування	Чинник Б	Чинник В Концентрація важких металів у зерні
1. Пшениця озима 2. Ячмінь озимий 3. Ячмінь ярий	1. Природні опади 2. Природні опади + штучний полив	1. Свинець 2. Кадмій 3. Цинк 4. Мідь

Дослідження накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у зерні злакових культур в умовах Лісостепу Правобережного за різного рівня зволоження ґрунтів.

Дослідний варіант мав природні опади з додатковим штучним зволоженням (дощування). Штучне додаткове зволоження ґрунтів під час вирощування пшениці озимої та ячменю озимого, ярого проводили у вегетаційний період за фаз (кущення–колосіння) способом дощування. Контроль за рівнем зволоження ґрунтів проводили від періоду початок фази кущення до фази колосіння пшениці озимої (Акратос) і ячменю озимого (Луран) та ячменю ярого (Геліос і Цезар).

Дослід № 3. Вплив удобрення ґрунтів мінеральними добривами на хімічний

склад насіння, врожайність та екологічну безпеку зерна озимих злакових культур.

Мета – вивчення урожайності та рівня накопичення свинцю, кадмію, цинку й міді у зерні пшениці озимої та ячменю озимого за удобрення ґрунтів мінеральними добривами.

Таблиця 2.5

Схема досліду № 3

Чинник А Озимі форми вирощування	Чинник Б Добрива і норми	Чинник В Концентрація важких металів у зерні
1. Пшениця озима 2. Ячмінь озимий	1. N ₉₀ (аміачною селітрою) 2. P ₆₀ (суперфосфат простий) 3. K ₆₀ (калій хлористий) 4. N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀ (аміачна селітра, суперфосфат простий та калій хлористий).	1. Свинець 2. Цинк 3. Мідь

Досліди накопичення свинцю, цинку й міді у зерні злакових культур сортів: пшениця озима (Акратос) і ячмінь озимий (Луран) в умовах Лісостепу Правобережного за умов удобрення ґрунтів мінеральними добривами. Мінеральні добрива калію хлористого та суперфосфату простого вносили під час основного обробітку ґрунту восени. Підживлення аміачною селітрою проводили навесні.

Дослідження проводили користуючись напрацьованими матеріалами Державної служби статистики щодо посівних площ і рівнів урожайності досліджуваних культур пшениці озимої, ярої та ячменю озимого, ярого в сільськогосподарських господарствах України [16].

Повторність дослідів чотириразова, розміщення варіантів – систематичне багатоярусне. Посівна площа ділянки – 25 м², облікова – 20 м². Технологія вирощування злакових рослин відповідала основним принципам виробництва

та проводилася згідно із вимогами чинного законодавства України. Попередником пшениці, ячменю був соняшник.

Основний обробіток ґрунту в процесі вирощування озимих зернових мав таку послідовність:

- часткове мульчування ґрунту з подрібненням залишків соняшника (каток подрібнювач);
- дискування;
- посів;
- коткування за низького зволоження ґрунтів;
- збирання урожаю.

Ранньовесняний обробіток ґрунту виконувався на глибину загортання насіння та мав таку послідовність:

- боронування;
- передпосівна культивуація;
- посів;
- збирання урожаю.

Норма висіву складала:

- пшениці озимої – 4,0–5,0 млн (210–250 кг/га);
- ячменю озимого – 3,5–4,0 млн (160–180 кг/га);
- пшениці ярої – 4,5–5,0 млн (180–200 кг/га);
- ячменю ярого – 4,0–4,5 млн (180–225 кг/га).

Сівбу проводили сівалкою СН-16, призначеною для механізованого висівання зернових культур (пшениця, ячмінь).

Вивчення впливу рівня за суми природних опадів та штучного поливу ґрунтів на інтенсивність накопичення важких металів у зерні злакових культур проводили за допомогою зрошення цих культур. Поливи відбувалися шляхом дощування три рази на тиждень у період фази (кущення–колосіння) використовуючи спосіб дощування у вечірній час доби. Дослідження проводили на двох варіантах з чотирма повторностями кожний. Контрольний варіант досліджень мав тільки природне зволоження (опади). Кількість опадів у

контрольному варіанті в період фази (кущення–колосіння) склала від 47,7 мм до 52,3 мм, тоді як у дослідному варіанті кількість опадів за цей період була від 256,2 мм до 272,5 мм. Рівень зволоження ґрунтів визначали за допомогою дощоміру – метеорологічного приладу для вимірювання обсягу опадів, а для визначення температури повітря використовували термометр.

Загальне водоспоживання зернових рослин на землях України коливається від 2600 до 4000, а зрошувальна норма – від 1000 до 2000 м³/га. Для вегетаційних поливів враховували запаси вологи у ґрунті, механічний склад ґрунту, рівень зволоженого шару та глибину залягання підґрунтових вод. Норма вегетаційного поливу пшениці озимої від виходу рослин у трубку і до початку молочної стиглості зерна становить 100–150 м³/га. Норма вегетаційного поливу ячменю озимого від виходу рослин у трубку і до початку молочної стиглості зерна становить 600–800 м³/га. Норма вегетаційного поливу пшениці ярої від кущення і до початку молочної стиглості зерна становить 200–250 м³/га. Норма вегетаційного поливу ячменю ярого від фази кущення і до початку молочної стиглості зерна у середньому становить 350–450 м³/га [17,18].

Вивчення мінерального удобрення злакових рослин проводили відповідно до рекомендованих доз підживлення мінеральними добривами сірих лісових ґрунтів: аміачна селітра (N) – (90 кг/га), калій хлористий (K) – (60 кг/га), суперфосфат простий (P) – (60 кг/га) та комплексне NPK удобренням (аміачна селітра – 90 кг/га, суперфосфат простий – 60 кг/га, калій хлористий – 60 кг/га) [19].

Усі добрива вносили вручну розкидним способом: повну норму калію хлористого та суперфосфату простого вносили восени під час основного обробітку ґрунту, а аміачну селітру весною. Удобрення аміачною селітрою проводили навесні у три етапи: перший ранньовесняний (регенеративний) проходив по таломерзлому ґрунту, другий етап удобрення (продуктивний) аміачною селітрою проводили за фази початку виходу злаків у трубку, третій (якісний) етап удобрення проводили від початку фази колосіння до наливу зерна [19].

Догляд за посівами був загальноприйнятний для злакових рослин за умов Лісостепу Правобережного та містив прополювання бур'янів вручну. Збирання врожаю проводили методом ручного скошування.

Ячмінь озимий Luran – шестирядний ячмінь озимий, середньостиглого сорту. Сорт інтенсивного типу та відрізняється хорошим куцненням. Добре пристосовується після злакових попередників, добра стійкість до хвороб, характеризується високою посухостійкістю та морозостійкістю. Чуйний до внесення мікро- і макро добрив у ранньовесняний період. Підходить для вирощування в усіх зонах України [20].

Пшениця озима Akrotos – м'яка, середньої висоти, висока стійкість до хвороб і середня стійкість до посухи, гарний потенціал врожайності за стресових умов. Хороша стійкість до хвороб. Підходить для вирощування майже в усіх зонах України [21].

Ячмінь ярий Helios – шестирядний сорт ячменю ярого, середньостиглий, призначений для інтенсивних технологій вирощування. Сорт характеризується високою продуктивністю та стійкістю до вилягання, йому притаманна висока стійкість до хвороб та до осипання, добре реагує на внесення добрив. Підходить для вирощування в усіх зонах України [22].

Ячмінь ярий сорту Tsezar належить до середньорослого, інтенсивного сорто типу, із середньою стійкістю до полягання та осипання, вимагає родючих ґрунтів. Має дворядний колос, добре куцється. Напрямок використання сорту – зерновий, пивоварний. Підходить для вирощування у Лісостеповій зоні та на Поліссі України [23].

Пшениця яра Xanhtia – тверда, сорт середньостиглий, середньостійкий до вилягання. Сорту притаманна висока стійкість до хвороб, до осипання та до посухи. Для вирощування ідеально підходить Лісостепова природна зона України [24].

Характеристика сортів пшениці (озима, яра), ячменю (озимого, ярого), приведена у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Характеристика сортів злакових зернових рослин

Назва	Внесено до реєстру, рік	Середня врожайність, ц/га	Маса 1000 насінин, г	Висота рослин, см	Стійкість до хвороб і посухи	Рекомендований для зон	Напрям використання
Ячмінь озимий Luran	2000	80	до 53	70–75 см	висока	Лісостеп, Степ, Полісся	зерновий
Пшениця озима Akrotos	2010	80–90	до 46	96 см	висока	Лісостеп, Степ, Полісся	зерновий
Пшениця яра Xanhtia	2019	50	до 48	96 см	висока	Лісостеп	зерновий
Ячмінь ярий Helios	2006	55	до 49	70–80 см	висока	Лісостеп, Степ, Полісся	зерновий
Ячмінь ярий Tsezar	1998	45	до 54	81–90 см	середня	Лісостеп, Полісся	зерновий

Джерело: сформовано автором на основі джерел [20–25]

У межах дослідження проводили такі спостереження, вимірювання та обліки:

– визначення забруднення зерна зернових злакових культур (пшениця, ячмінь), ґрунту й води рухомими формами важких металів, проводили у сертифікованій та акредитованій лабораторії Вінницької філії Державної установи «Держґрунтохорона» Міністерства аграрної політики та продовольства України;

– відбір зразків ґрунту для досліджень рівня забруднення їх важкими металами (свинцю, кадмію, цинку та міді) проводили з кожного поля, використовуючи метод конверту. Суть методу конверту полягає у тому, що з кожної ділянки поля, які були задіяні під дослідження було відібрано п'ять зразків ґрунту на глибині його механічного обробітку 22–25 см. Зразки ґрунту після видалення залишків вегетативної маси ретельно перемішували, після чого

методом точкових проб відбирали представницьку пробу масою 500 грамів для проведення визначення вмісту в них свинцю, кадмію, цинку та міді. Представницьку пробу ґрунту поміщали в поліетиленові пакети, нумерували та доставляли в лабораторію для досліджень [26–29];

– відбір зерна здійснювали ручним щупом від кожної партії окремо. Відібрані точкові проби об'єднували та відбирали середню пробу масою не менше ніж 2 кг шляхом рівномірного змішування й поділу [30, 31];

– відбір води із колодязя проводили із середньої частини водяного стовпа у скляну пляшку по вінця під кришку в об'ємі 1 літр [32];

– проведено облік урожаю насіння та зерна з подальшим зважуванням маси [33];

– проведено фенологічні спостереження фаз розвитку зернових культур згідно із візуальними спостереженнями [33];

– визначено біохімічні показники проб зерна зернових культур згідно із ДСТУ 4117:2007 [34];

– визначено атомно-абсорбційним методом вміст важких металів у зерні злакових культур: свинцю, кадмію, цинку та міді [35];

– відповідно до стандартизованих методик була досліджена концентрація важких металів у ґрунті та зерні злакових культур. Враховано коефіцієнт небезпеки та коефіцієнта накопичення важких металів у зерновій продукції, ґрунті й визначено середній показник забруднення злакових і ґрунту. А також було проведено математичну обробку результатів досліджень і визначено еколого-економічну ефективність технологій.

Оцінку якості зерна злакових культур здійснювали шляхом порівняння вмісту окремого забруднювача з гранично допустимою концентрацією (ГДК). Щоб виконати кількісну оцінку надходження важких металів з ґрунту в рослини розраховували коефіцієнт накопичення (Кнак), який виконували за формулою 1:

$$K_{\text{нак}} = \frac{\text{Вміст важких металів у зерні зернових культур мг/кг}}{\text{Вміст важких металів у ґрунті мг/кг}} \quad (1),$$

Для розрахунку коефіцієнта небезпеки забруднювача (Кнеб), використовували формулу 2:

$$K_{неб.} = \frac{\text{Вміст важких металів у зерні зернових культур мг/кг}}{\text{Гранично допустима концентрація важких металів згідно з ГДК мг/кг}} \quad (2),$$

Гідротермічний коефіцієнт зволоження (ГТК), який характеризує умови атмосферного зволоження території, визначали за методикою Г. Т. Селянінова [36] – це відношення місячних опадів ΣP до суми температур того ж місяця ΣT зменшеної в 10 разів, формула 3:

$$ГТК = \Sigma P / 0.1 \Sigma T \quad (3),$$

де: ΣP – місячна сума опадів мм;

ΣT – сума температур за місяць, °С.

Біометрична обробка результатів досліджень проводили за методикою математично-статистичної обробки експериментальних даних з використанням пакету прикладних програм Microsoft Excel.

Гранично допустима концентрація забруднювальної речовини у зерні злакових рослин, ґрунті та воді має відповідати нормам та не перевищувати їх згідно із ДСТУ [37–40].

Гранично допустима концентрація (ГДК) у зерні пшениці (озимій, ярій), ячменю (озимому, ярому) має такі допустимі значення: вмісту свинцю – 0,5 мг/кг кадмію – 0,1 мг/кг, міді – 10,0 мг/кг і цинку – 50,0 мг/кг. Вміст у ґрунті гранично допустимої концентрації (ГДК) має такі допустимі значення: свинець – 6 мг/кг, кадмій – 0,7 мг/кг, мідь – 3,0 мг/кг, цинк – 23,0 мг/кг. Вода має такі гранично допустимі концентрації (ГДК) вмісту забруднювальних речовин: свинець – 0,01 мг/дм³, кадмій – 0,001 мг/дм³, мідь – 1,0 мг/дм³, цинк – 1,0 мг/дм³ [37–40].

Висновки до розділу 2

1. Частина природної зони Лісостепу Правобережного, що розташована в межах України займає загалом площу в складі сільськогосподарських угідь, включно з усією Вінницькою областю, яка здебільшого складається з рівнинного рельєфу.

2. Територія переважно має сірі лісові ґрунти та чорноземи. Кліматичні умови упродовж досліджуваних років відрізнялися систематичним підвищенням температурних режимів і зниження вологи протягом досліджуваних років. Варто зауважити на значних перепадах вологозабезпеченості як за об'ємом так і за розбіжністю розподілу за декадами та місяцями. Хоча мінливість гідротермічних умов упродовж років дослідження сприяла проведенню об'єктивної оцінки впливу різних елементів технології вирощування на розвиток і процеси росту пшениці та ячменю.

3. Дослідження проведені протягом 2021–2023 рр., дали змогу проаналізувати вплив таких чинників як: озимі та ярі форми злакових культур, інтенсивність зволоження ґрунтів, удобрення ґрунтів мінеральними добривами на рівень врожайності, накопичення важких металів у зерні та на безпеку зернової продукції злакових культур.

4. Для злакових рослин (пшениця, ячмінь) агротехніка вирощування була загальноприйнята у зоні Лісостепу Правобережного. У процесі проведення досліджень використовували загальноприйняті в агрономії та екології методи досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Системи землеробства окремих зон України. 11.09.2013. URL: <https://tehngaluzy.wordpress.com/2013/09/11/3>.
2. Мартин А. Г., Осипчук С. О., Чумаченко О. М. Природно-сільськогосподарське районування України: монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2015. 328 с.
3. Наукові основи агропромислового виробництва в Зоні Лісостепу України / Зубець М. В. та ін. Київ: Логос, 2004. 776 с.
4. Аріон О. В., Купач Т. Г., Дем'яненко С. О. Географія ґрунтів з основами ґрунтознавства: Навчально-методичний посібник. Київ, 2017. 226 с.
5. Звіт про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області за 2019 рік. Департамент агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів. 2020. 116 с.
6. Польовий А. М., Гуцал А. І., Дронова О. О. Ґрунтознавство: підручник. Одеса: Екологія, 2013. 668 с.
7. Крикунов В. Г. Ґрунти і їх родючість: підручник. Київ: Вища школа, 1993. 287 с.
8. Сучасні системи землеробства України: навч. посіб. / [В. Ф. Петриченко, Я. Я. Панасюк, Г. М. Заболотний та ін.] Вінниця: Діло, 2006. 212 с.
9. Корнійчук О. В., Воронецька І. С. Сучасні агроценози Лісостепу правобережного поглиблення ризиків і продуктивність. *Journal*. 2012. № 46. С. 135–152. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-086-5-21>
10. Еколого-географічна характеристика Вінницької області. URL: <http://www.geograf.com.ua/geoinfocentre/20-human-geography-ukraine-world/267-ref22041101>. (дата звернення: 19.08.2023).
11. Півошенко І. М. Клімат Вінницької області. Вінниця: Віноблдрукарня, 1997. 240 с.

12. Барвінченко В. І., Заболотний Г. М. Ґрунти Вінницької області. Вінниця: ВДАУ, 2004. 45 с.

13. Паспорт Тиврівської громади: веб-сайт. URL: <https://tyvriv-miskrada.gov.ua/pasport-gromadi-15-51-49-24-01-2018/> (дата звернення: 19.08.2023).

14. ЗОРЯ ВАСИЛІВКИ, ФГ: веб-сайт. URL: <https://www.ua-region.com.ua/38240698> (дата звернення: 18.04.2023).

15. Декадні агрометеорологічні бюлетені по Вінницькій області. Вінницький обласний центр з гідрометеорології. 2021. 2022. 2023. URL: <https://meteo.vn.ua/activity/>

16. Посівні площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур. Державна служба статистики України. URL: http://ukrstat.gov.ua/metaopus/2019/2_03_07_03_2019.htm (дата звернення 11.08.2023).

17. Ушкаренко В. О. Зрошуване землеробство. Київ: Урожай, 1994. 325 с.

18. Поліщук В. Вологозарядкові поливи в зрошуваному землеробстві. Пропозиція. 2021. № 10. URL: <https://propozitsiya.com/ua/vologozaryadkovi-polyvy-v-zroshuvanomu-zemlerobstvi>.

19. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні технології вирощування основних польових культур. – Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.

20. Сорт ЛУРАН (ячмінь озимий, ячмінь звичайний). URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/luran> (дата звернення 11.02.2024).

21. Сорт АКРАТОС (пшениця озима, пшениця м'яка). URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/akratos> (дата звернення 11.02.2024).

22. Сорт ГЕЛІОС (ячмінь ярий, ячмінь звичайний). URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/gelios> (дата звернення 11.02.2024).

23. Сорт ЦЕЗАР (ячмінь ярий, ячмінь звичайний). URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/cezar> (дата звернення 11.02.2024).

24. Сорт КСАНТІЯ (пшениця тверда, пшениця яра). URL: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/akratos> (дата звернення 11.02.2024).
25. Український інститут експертизи сортів рослин URL <http://service.ukragroexpert.com.ua/index.php> (дата звернення 11.09.2023).
26. 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.
27. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 9 с.
28. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. [Чинний від 2005-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2008. 16 с.
29. 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.
30. ДСТУ ISO 6644:2008. Зернові та продукти їх помелу. Автоматичне відбирання проб механічними засобам. [Чинний від 2008-09-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2010. 12 с.
31. ДСТУ ISO 13690:2003. Зернові, бобові та продукти їх помелу. Відбір проб. [Чинний від 2005-01-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 19 с.
32. ДСТУ ISO 5667-2:2003. Якість води. Відбір проб. Частина 2. Настанови щодо методів відбирання проб. [Чинний від 2004-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2003. 14 с.
33. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Вища школа, 1994. 334 с.
34. ДСТУ 4117:2007. Зерно та продукти його переробки. Визначення показників якості методом інфрачервоної спектроскопії. [Чинний від 2007-08-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 7 с.
35. ДСТУ 7453:2013. Зерно, зернобобові та продукти їх перероблення. Визначення вмісту кадмію, свинцю та миш'яку методом атомно-абсорбційної

спектрофотометрії з електротермічною атомізацією [Чинний від 2014-09-01]. К.: Мінекономрозвитку України, 2015. 15 с.

36. Примак І. Д., Польовий А. М., Гамалій І. П. Сільськогосподарська метеорологія та кліматологія. Біла Церква, 2008. 488 с.

37. ДСТУ 3768: 2019. Пшениця. Технічні умови пшениця. [Чинний від 2019-06-10]. К.: Держспоживстандарт України, 2019. 19 с.

38. ДСТУ 3769-98. Ячмінь. Технічні умови. З Поправкою (ІПС № 6-99). [Чинний від 1998-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 1998. 18 с.

39. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. [Чинний від 2015-02-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2014. 30 с.

40. ДСТУ 4770.1:2007 – ДСТУ 4770.9:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук марганцю (цинку, кадмію, заліза, кобальту, міді, нікелю, хрому, свинцю) в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. [Чинний від 2009-01-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 117 с.

РОЗДІЛ 3

НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ЗЕРНОМ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР ЗА ІНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В СУЧАСНИХ ПРИРОДНОКЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБРЕЖНОГО

3.1. Оцінка інтенсивності накопичення важких металів у зерні злакових культур вирощених у різних господарствах в умовах Вінниччини

Інтенсифікація галузі рослинництва посилює процеси деградації ґрунтів. Однією з головних причин цього явища є порушення вимог сталого природокористування. Основою якого є збереження та відтворення природних ресурсів зокрема і земельних. Загальновідомо, що експлуатаційний процес земельних ресурсів помітно підвищується, внаслідок чого посилюється інтенсивне знищення родючості ґрунтів. За таких умов виникає потреба у підвищенні рівня удобрення ґрунтів. Це також акцентує нашу увагу на правильному та якісному використанні добрив, перш за все це сама якість активних речовин, компонентний склад добрива і форма сполуки, а також фізико-механічні та інші показники якості добрив. Практика свідчить, що в сучасному рослинництві удобрення ґрунтів проводять переважно мінеральними добривами, що посилює техногенне навантаження на ґрунт. За цих обставин виникає необхідність у постійному контролі за переміщенням токсикантів зокрема і важких металів у системі ґрунт → рослина → продукція.

Результати досліджень з вивчення інтенсивного накопичення важких металів у зерні злакових культур вирощених на ґрунтах за різного рівня їхнього забруднення відображені в таблиці 3.1.

Аналіз зерна пшениці озимої показав, що із 34 зразків зерна пшениці озимої вирощеної в умовах Вінниччини 2020 року, в 11 зразках спостерігали перевищення ГДК за показниками кадмію. Концентрація цинку та міді у зерні пшениці озимої не перевищувала ГДК, які складають 50мг/кг та 10мг/кг відповідно.

Вміст кадмію в зерні пшениці озимої коливався від $0,03 \pm 0,007$ мг/кг до $0,12 \pm 0,003$ мг/кг, цинку від $21,2 \pm 0,78$ мг/кг до $29,7 \pm 1,2$ мг/кг та міді від $4,2 \pm 0,4$ мг/кг до $7,8 \pm 1,2$ мг/кг.

Моніторинг вмісту важких металів і мікроелементів у зерні пшениці озимої (табл. 3.1) показав, що серед загальної кількості проб вміст у них кадмію $0,04 \pm 0,002$ мг/кг становить 20,5%, $0,07 \pm 0,004$ мг/кг – 11,7%, $0,12 \pm 0,003$ мг/кг – 23,5%, $0,10 \pm 0,004$ мг/кг – 14,7%, $0,009 \pm 0,005$ мг/кг – 11,7%, $0,03 \pm 0,007$ мг/кг – 8,8% та $0,11 \pm 0,034$ мг/кг – 8,8%.

Таблиця 3.1

Накопичення важких металів і мікроелементів зерном пшениці озимої 2020 р., мг/кг ($M \pm m$, $n=4$)

Кількість проб	Кадмій		Кількість проб	Цинк		Кількість проб	Мідь	
	ГДК	Фактична концентрація		ГДК	Фактична концентрація		ГДК	Фактична концентрація
7	0,1	$0,04 \pm 0,002$	3	50	$27,5 \pm 0,6$	4	10	$4,2 \pm 0,4$
4	0,1	$0,07 \pm 0,004$	2	50	$22,0 \pm 0,2$	8	10	$8,1 \pm 0,5$
8	0,1	$0,12 \pm 0,003$	7	50	$27,5 \pm 0,4$	2	10	$6,1 \pm 0,7$
5	0,1	$0,10 \pm 0,004$	8	50	$29,7 \pm 1,2$	3	10	$0,76 \pm 0,8$
4	0,1	$0,009 \pm 0,005$	2	50	$32,6 \pm 0,9$	1	10	$4,7 \pm 0,4$
3	0,1	$0,03 \pm 0,007$	8	50	$30,6 \pm 0,6$	8	10	$7,8 \pm 1,2$
3	0,1	$0,11 \pm 0,034$	4	50	$21,2 \pm 0,78$	8	10	$4,7 \pm 0,7$

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Аналіз вмісту цинку в зерні пшениці озимої показав, що серед загальної кількості проб показник складав $27,5 \pm 0,6$ мг/кг – 8,8%, $22,0 \pm 0,2$ мг/кг – 5,8%, $27,5 \pm 0,4$ мг/кг – 20,5%, $29,7 \pm 1,2$ мг/кг – 23,5%, $32,6 \pm 0,9$ мг/кг – 5,8%, $30,0 \pm 0,6$

мг/кг – 23,5% та $21,2 \pm 0,78$ – 11,7%. Перевищень ГДК за показниками цинку поміж відібраних проб не виявлено.

Серед загальної кількості проб зерна пшениці озимої виявлено 4,7% з вмістом міді $4,2 \pm 0,4$ мг/кг, 23,5% – $8,1 \pm 0,5$ мг/кг, 5,8% – $6,1 \pm 0,7$ мг/кг, 8,8%, – $0,76 \pm 0,8$ мг/кг, 2,9%, – $4,7 \pm 0,4$ мг/кг, 23,5% – $7,8 \pm 1,2$ мг/кг та 23,5% – $4,7 \pm 0,7$ мг/кг. Перевищень ГДК за показниками міді не виявлено (див. табл. 3.1).

Аналіз коефіцієнта небезпеки важких металів у зерні пшениці озимої показав, що перевищення нормативного показника за кадмієм спостерігали у 11 зразках, який складає 1,0. У 26 зразках зерна коефіцієнт небезпеки кадмію був нижчий за нормативний показник 1,0, відповідно до показників таблиці 3.2. Перевищень коефіцієнта небезпеки цинку та міді в зерні пшениці озимої не виявлено.

Коефіцієнт небезпеки кадмію у зерні пшениці озимої коливався в межах від 0,3 до 1,2, цинку від 0,42 до 0,65 та міді від 0,42 до 0,81 (табл. 3.2).

Таблиця. 3.2

Коефіцієнт небезпеки важких металів у зерні пшениці озимої 2020 р.

Кількість зразків	Коефіцієнт небезпеки		
	Кадмій	Цинк	Мідь
7	0,4	0,55	0,42
4	0,7	0,44	0,81
8	1,2	0,55	0,61
5	1,0	0,54	0,76
4	0,9	0,65	0,47
3	0,3	0,60	0,78
3	1,1	0,42	0,47

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Отже, за аналізом зразків зерна пшениці озимої відібраної з різних сільгоспдприємств, необхідно зауважити, що серед 34 зразків виявлено перевищення ГДК за показниками кадмію у 32,3%. Перевищень ГДК у зерні пшениці озимої за показниками цинку було в межах від 8% до 20% та міді від 10% до 20% (див табл. 3.1,3.2).

Вміст кадмію у зерні ячменю озимого коливався від $0,009 \pm 0,002$ до $0,14 \pm 0,004$, цинку від $27,0 \pm 1,2$ до $35 \pm 0,09$ та міді від $4,9 \pm 0,3$ до $6,1 \pm 0,8$ (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Накопичення важких металів і мікроелементів зерном ячменю озимого 2020 р., мг/кг ($M \pm m$, $n=4$)

Кількість проб	Кадмій		Кількість проб	Цинк		Кількість проб	Мідь	
	ГДК	Фактична концентрація		ГДК	Фактична концентрація		ГДК	Фактична концентрація
2	0,1	$0,08 \pm 0,007$	4	50	$34,5 \pm 1,4$	1	10	$6,1 \pm 0,8$
3	0,1	$0,12 \pm 0,003$	1	50	$31,0 \pm 1,2$	3	10	$7,2 \pm 0,4$
1	0,1	$0,14 \pm 0,004$	5	50	$27,0 \pm 1,2$	2	10	$5,2 \pm 0,2$
5	0,1	$0,10 \pm 0,002$	3	50	$32 \pm 1,7$	4	10	$4,9 \pm 0,3$
3	0,1	$0,009 \pm 0,002$	2	50	$34 \pm 1,1$	4	10	$5,7 \pm 0,1$
2	0,1	$0,11 \pm 0,004$	1	50	$35 \pm 0,09$	2	10	$5,4 \pm 0,3$

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Моніторинг вмісту важких металів і мікроелементів у зерні ячменю озимого (табл. 3.3) показав, що серед загальної кількості проб відібраних у господарствах Вінниччини, вміст у них кадмію $0,008 \pm 0,007$ мг/кг становить 12,5%, $0,12 \pm 0,03$ мг/кг – 18,7%, $0,14 \pm 0,004$ мг/кг – 6,2%, $0,10 \pm 0,02$ мг/кг – 31,2%, $0,09 \pm 0,02$ мг/кг – 18,7% та $0,11 \pm 0,04$ мг/кг – 12,5%. Поміж відібраних проб ячменю озимого в 6 пробах виявлено перевищення за показниками кадмію, що становить 37,5% від загальної кількості.

Аналіз вмісту цинку в зерні ячменю озимого показав, що серед загальної кількості проб показник складав $34,5 \pm 1,4$ мг/кг – 25%, $31,0 \pm 1,2$ мг/кг – 6,2%, $27,0 \pm 1,2$ мг/кг – 31,2%, $32 \pm 1,7$ мг/кг – 18,7%, $34 \pm 1,1$ мг/кг – 12,5%, $35 \pm 0,09$ мг/кг – 6,2%. Перевищень ГДК за показниками цинку поміж відібраних проб не виявлено.

Серед загальної кількості проб зерна ячменю озимого виявлено 5,2% з вмістом міді $6,1 \pm 0,8$ мг/кг, 18,7% – $7,2 \pm 0,4$ мг/кг, 12,5% – $5,2 \pm 0,2$ мг/кг, 25%, – $4,9 \pm 0,3$ мг/кг, 25%, – $5,7 \pm 0,1$ мг/кг та 12,5% – $5,4 \pm 0,3$ мг/кг. Перевищень ГДК за показниками міді не виявлено (табл. 3.3).

Таблиця. 3.4

**Коефіцієнт небезпеки важких металів і мікроелементів у зерні
ячменю озимого 2020 р.**

Коефіцієнт небезпеки		
Кадмій	Цинк	Мідь
0,8	0,69	0,61
1,2	0,62	0,72
1,4	0,54	0,52
1,0	0,64	0,49
0,9	0,68	0,57
1,1	0,70	0,54

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Аналіз коефіцієнта небезпеки важких металів і мікроелементів у зерні ячменю озимого показав, що цей показник перевищував граничний показник 1,0 за кадмієм у 5 пробах, що становить 31,2% від загальної кількості. Коефіцієнт небезпеки цинку та міді в зерні ячменю озимого не перевищив граничний показник 1,0. Що свідчить про безпечний вміст цих елементів у пропонованій сировині.

Коефіцієнт небезпеки кадмію у зерні ячменю озимого коливався в межах від 0,8 до 1,4, цинку від 0,54 до 0,70 та міді від 0,49 до 0,72 (табл. 3.4).

Таблиця 3.5

**Накопичення важких металів і мікроелементів у зерні пшениці ярої,
2020р. мг/кг ($M \pm m$, $n=4$)**

Кількість проб	Кадмій		Кількість проб	Цинк		Кількість проб	Мідь	
	ГДК	Фактична концентрація		ГДК	Фактична концентрація		ГДК	Фактична концентрація
4	0,1	0,13±0,003	2	50	44,2±1,3	1	10	9,7±1,7
1	0,1	0,08±0,02	4	50	37,4±1,1	3	10	8,2±1,2
4	0,1	0,10±0,004	1	50	29,2±1,3	2	10	6,4±1,6
1	0,1	0,09±0,003	1	50	39±1,2	4	10	5,2±0,8
2	0,1	0,14±0,02	4	50	41±0,9	2	10	6,0±0,9

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Вміст кадмію в зерні пшениці ярої коливався від 0,08±0,02 до 0,14±0,002, цинку від 29,2±1,3 до 44,2±1,3 та міді від 5,2±0,8 до 9,7±1,7 (табл. 3.5).

Моніторинг вмісту важких металів і мікроелементів показав, що із загальної кількості проб зерна пшениці ярої вміст кадмію $0,13 \pm 0,003$ мг/кг склав 33,3%, $0,08 \pm 0,02$ мг/кг – 8,3%, $0,11 \pm 0,04$ мг/кг – 33,3%, $0,09 \pm 0,03$ мг/кг – 8,3% та $0,14 \pm 0,002$ мг/кг – 16,6%. Перевищень ГДК, яке складає за показниками кадмію 0,1 мг/кг, виявлено у 6 зразках, що становило 50%. Між загальною кількістю проб зерна пшениці ярої виявлено з вмістом цинку 16,6% – $44,2 \pm 1,3$ мг/кг, 33,3% – $37,4 \pm 1,1$ мг/кг, 8,3% – $29,2 \pm 1,3$ мг/кг, 8,3%, – $39 \pm 1,2$ мг/кг та 33,3%, – $41 \pm 0,9$ мг/кг. Перевищень ГДК за показниками цинку не виявлено. Що свідчить про безпечний вміст цих елементів у запропонованій сировині.

Аналіз вмісту міді в зерні пшениці ярої і показав, що із 12 проб 8,3% мали вміст цього елемента $9,7 \pm 1,7$ мг/кг, 25% – $8,2 \pm 1,2$ мг/кг, 16,6% – $6,4 \pm 1,6$ мг/кг, 33,3% – $5,2 \pm 0,8$ мг/кг та 16,6% – $60 \pm 0,9$ мг/кг (див. табл. 3.5).

Аналіз коефіцієнта небезпеки важких металів і мікроелементів у зерні пшениці ярої показав, що цей показник перевищував граничний показник 1,0 за кадмієм у 6 пробах, що склало 50% від загальної кількості. Коефіцієнт небезпеки цинку та міді у зерні пшениці ярої не перевищував граничний показник, що свідчить про безпечний вміст цих речовин у пропонованій сировині (табл. 3.6)

Коефіцієнт небезпеки кадмію у зерні ячменю озимого коливався в межах від 0,1 до 1,4, цинку від 0,58 до 0,88 та міді від 0,52 до 0,97.

Вміст кадмію у зерні ячменю ярого коливався від $0,08 \pm 0,003$ до $0,15 \pm 0,02$, цинку від $27,0 \pm 1,4$ до $43,0 \pm 0,16$ та міді від $4,8 \pm 0,23$ до $7,3 \pm 0,4$.

Аналіз інтенсивності забруднення зерна ячменю ярого важкими металами та мікроелементами (табл. 3.7) показав, що із загальної кількості проб виявлено 16,6% з вмістом кадмію $0,09 \pm 0,003$ мг/кг, 8,8% – $0,15 \pm 0,02$ мг/кг, 33,3% – $0,10 \pm 0,02$ мг/кг, 25% – $0,08 \pm 0,003$ мг/кг та 16,6% з вмістом цього елемента $0,10 \pm 0,02$ мг/кг.

Із загальної кількості проб виявлено 16,6% з вмістом цинку $42,2 \pm 0,27$ мг/кг, 16,6% – $43,0 \pm 0,16$ мг/кг, 25% – $32 \pm 0,9$ мг/кг, 25%, – $27 \pm 1,4$ мг/кг та 16,6% з вмістом цього елемента $32 \pm 1,3$ мг/кг (табл. 3.6).

Таблиця. 3.6

**Коефіцієнт небезпеки важких металів і мікроелементів у зерні ярої
пшениці 2020 р.**

Коефіцієнт небезпеки		
Кадмій	Цинк	Мідь
1,3	0,88	0,97
0,8	0,74	0,92
0,1	0,58	0,64
0,9	0,78	0,52
1,4	0,82	0,60

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Щодо вмісту міді в зерні ячменю ярого, то необхідно зазначити, що серед проаналізованих проб виявлено 8,3% з концентрацією цього елемента $7,2 \pm 0,8$ мг/кг, 16,6% – $6,1 \pm 0,2$ мг/кг, 16,6% – $7,3 \pm 0,4$ мг/кг, 33,3% – $4,8 \pm 0,23$ мг/кг та 25% – $5,7 \pm 0,17$ мг/кг (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

**Накопичення важких металів і мікроелементів у зерні ячменю ярого
2020 р., мг/кг ($M \pm m$, $n=4$)**

Кількість проб	Кадмій		Кількість проб	Цинк		Кількість проб	Мідь	
	ГДК	Фактична концентрація		ГДК	Фактична концентрація		ГДК	Фактична концентрація
2	0,1	$0,09 \pm 0,003$	2	50	$42,0 \pm 0,27$	1	10	$7,2 \pm 0,8$
1	0,1	$0,15 \pm 0,02$	2	50	$43,0 \pm 0,16$	2	10	$6,1 \pm 0,2$
4	0,1	$0,12 \pm 0,002$	3	50	$32,0 \pm 0,9$	2	10	$7,3 \pm 0,4$
3	0,1	$0,08 \pm 0,003$	3	50	$27,0 \pm 1,4$	4	10	$4,8 \pm 0,23$
2	0,1	$0,10 \pm 0,02$	2	50	$32 \pm 1,3$	3	10	$5,7 \pm 0,17$

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Аналіз коефіцієнта небезпеки важких металів і мікроелементів у зерні ячменю ярого (табл. 3.8) показав, що цей показник перевищував граничний показник 1,0 за кадмієм у 41% проб. Коефіцієнт небезпеки цинку та міді у відібраних пробах зерна був нижчим від граничного показника 1,0, що вказує на безпечний вміст цих елементів у виробленій продукції.

Таблиця. 3.8

**Коефіцієнт небезпеки важких металів і мікроелементів у зерні
ячменю ярого, 2020 р.**

Коефіцієнт небезпеки		
Кадмій	Цинк	Мідь
0,9	0,84	0,72
1,5	0,86	0,12
1,2	0,64	0,73
0,8	0,54	0,48
1,0	0,64	0,57

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Коефіцієнт небезпеки кадмію в зерні пшениці озимої коливався у межах від 0,8 до 1,5 цинку від 0,54 до 0,86 та міді від 0,12 до 0,73 (див. табл. 3.8).

3.2. Інтенсивність накопичення важких металів зерном злакових культур залежно від їх озимих та ярих форм

Інтенсивному землеробству характерне високе хімічне навантаження на ґрунти та вирощену продукцію рослинництва.

У рослинництві використовують також різні сорти злаків (озимі, ярі), які відрізняються за інтенсивністю росту та періоду формування врожаю, що характерне для їхніх спадкових ознак. Ці умови вирощування злакових культур тією чи іншою мірою можуть впливати на транслокацію мінеральних речовин, зокрема і важких металів у зернову продукцію.

Результати досліджень з вивчення інтенсивності забруднення в умовах дослідних сільгоспугідь ґрунтів рухомими формами важких металів показали, що перевищень ГДК, які встановлено за показниками кадмію 0,7 мг/кг, цинку – 23,0 мг/кг та міді – 3,0 мг/кг, не спостерігали. Зразки відбиралися перед висіванням зернових культур. Зокрема, концентрація кадмію, цинку та міді у ґрунті була нижча за ГДК ґрунтів з озимими злаками у 3,6, 19,0 та 6,8 раза, а в ґрунтах з ярими злаками – у 4,6, 14,4 та 6,9 раза відповідно (рис. 3.1), (дод. Д 3).

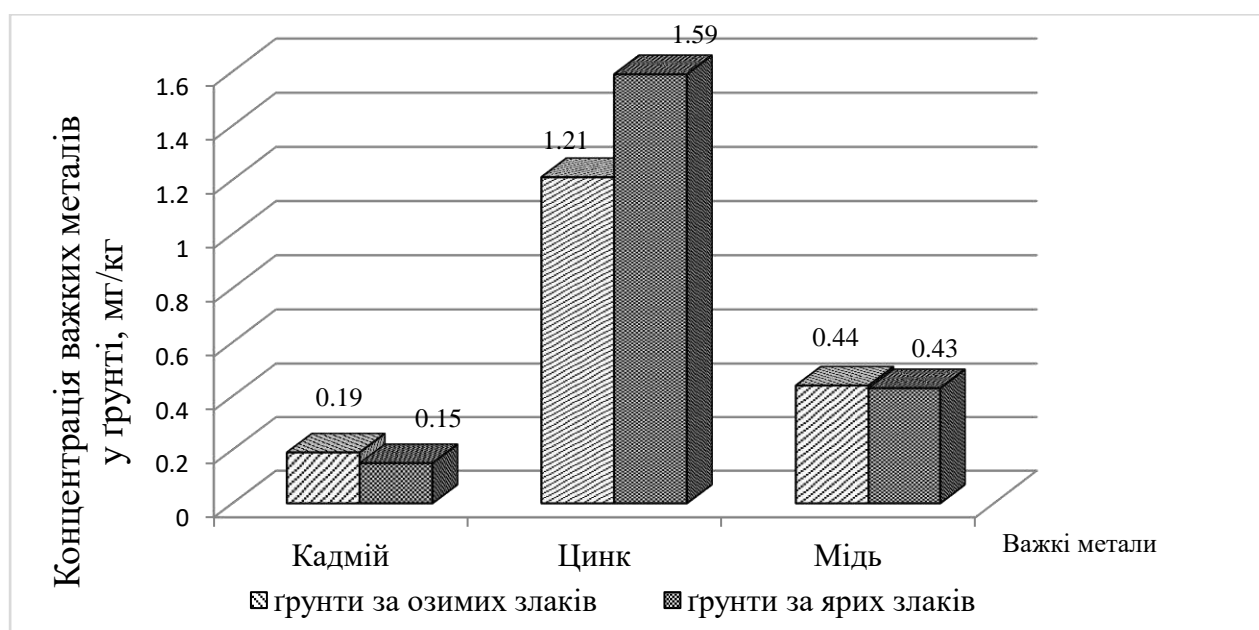


Рисунок 3.1 – Інтенсивність забруднення ґрунтів важкими металами в умовах дослідних угідь в середньому за період досліджень 2020-2021 рр., мг/кг

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [1]

Аналіз інтенсивності накопичення важких металів у зерні злаків показав перевищення максимально допустимих норм згідно з ГДК за показниками кадмію, відповідно до показників таблиці 3.3. Так концентрація кадмію була вища у зерні пшениці озимої у 1,01 раза, пшениці ярої у 1,25 раза порівняно з максимальними нормами згідно із чинним ГДК.

Концентрація цинку й міді в зерні пшениці озимої була нижча у 6,1 раза і 3,1 раза та відповідно пшениці ярої у 4,9 раза і 1,02 раза порівняно з максимально допустимою нормою згідно з ГДК.

Концентрація кадмію в зерні ячменю озимого не перевищувала максимально допустимі норми згідно із чинним ГДК. Тоді як у зерні ячменю ярого спостерігали перевищення у 1,19 раза відповідно до максимально допустимих норм чинного ГДК.

Концентрація цинку та міді була нижча у зерні ячменю озимого відповідно у 9,3 раза і 4,0 рази, а ячменю ярого у 3,4 раза і 1,03 раза порівняно з максимально допустимою нормою згідно з ГДК (табл. 3.9), (дод. Д 1, Д5).

Таблиця 3.9

Інтенсивність накопичення важких металів у зерні злаків у середньому за період досліджень, 2020-2021 рр., ФГ «Зоря Василівки»

Злакові культури	Важкі метали					
	Кадмій		Цинк		Мідь	
	Фактична концентрація, мг/кг	ГДК	Фактична концентрація, мг/кг	ГДК	Фактична концентрація, мг/кг	ГДК
Пшениця озима	0,101±0,04	0,1	8,20±0,15	50	3,21±0,23	10
Пшениця яра	0,125±0,05	0,1	10,2±0,11	50	9,79±0,13	10
Ячмінь озимий	0,100±0,04	0,1	5,35±0,09	50	2,46±0,07	10
Ячмінь ярий	0,119±0,03	0,1	14,4±0,14	50	9,71±0,24	10

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [1]

Виявлено певну відмінність накопичення важких металів у зерні злаків озимих та ярих культур. Зокрема, у зерні пшениці озимої концентрація кадмію, цинку та міді була нижча у 1,53 раза, 1,03 раза та 1,02 раза порівняно із зерном пшениці ярої (рис. 3.2).

Концентрація кадмію в зерні ячменю озимого була нижча у 1,19 раза порівняно із зерном ячменю ярого.

Аналізуючи інтенсивність накопичення важких металів зерном різних злаків необхідно зазначити, що різниці між вмістом у зерні пшениці озимої та ячменю озимого практично не виявлено. Тоді як у зерні пшениці ярої вміст кадмію був вищим у 1,05 раза порівняно із зерном ячменю ярого.

Вміст цинку в зерні пшениці озимої був вищим у 1,53 раза порівняно з зерном ячменю озимого. Тоді як у зерні пшениці ярої, навпаки, вміст цинку був нижчим у 1,41 раза порівняно із зерном ячменю ярого.

Виявлені також певні відмінності за показниками вмісту міді в зерні пшениці та ячменю. Зокрема, вміст міді в зерні пшениці озимої був вищий у 1,3 раза порівняно із зерном ячменю озимого. В зерні пшениці ярої вміст міді був вищим у 1,1 раза порівняно із зерном ячменю ярого (рис. 3.2).

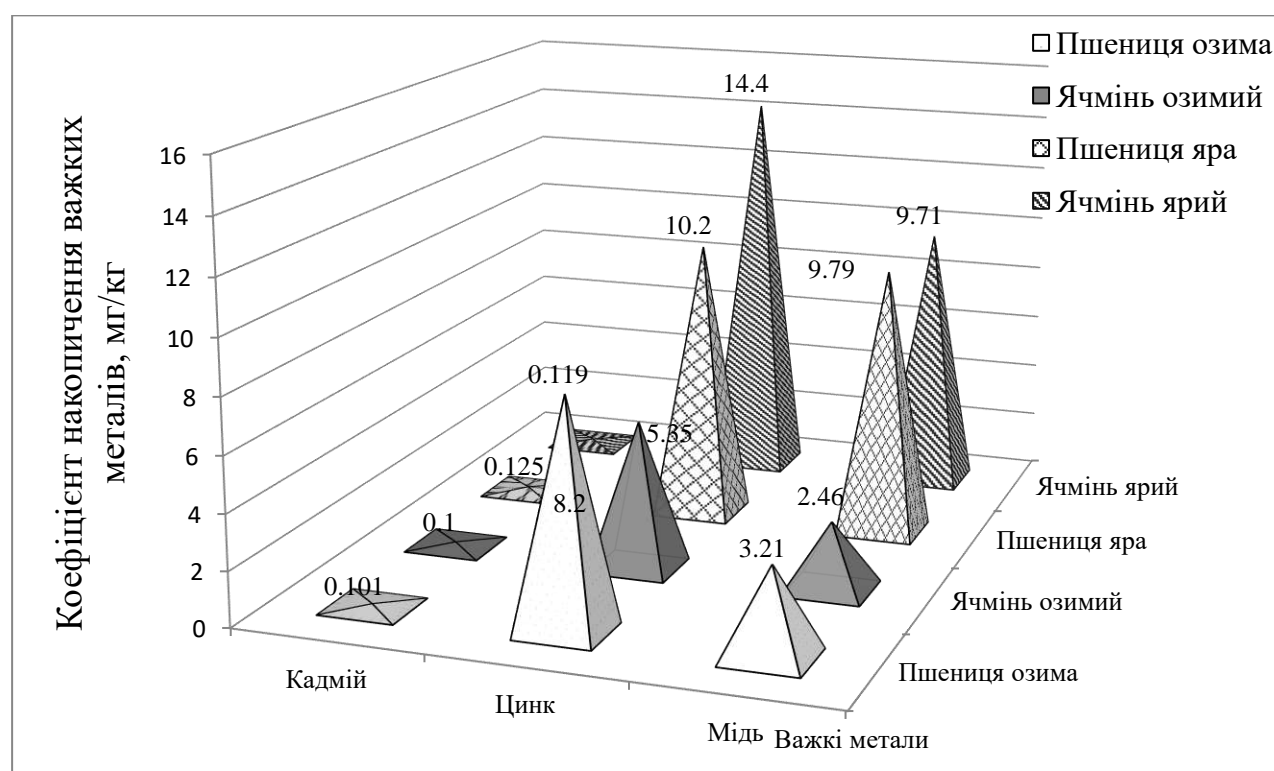


Рисунок 3.2 – Порівняльна характеристика інтенсивності накопичення важких металів зерном пшениці та ячменю в середньому за період досліджень 2020-2021 рр., мг/кг

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [1]

Характеризуючи коефіцієнт накопичення важких металів у зерні злаків необхідно зауважити, що в зерні як пшениці озимої так і ячменю озимого спостерігали нижчий вміст кадмію, цинку та міді порівняно з аналогічною продукцією ярих культур (табл. 3.10).

Коефіцієнт накопичення кадмію в зерні пшениці озимої був нижчим у 1,6 раза порівняно з аналогічною сировиною, одержаною з пшениці ярої. Коефіцієнт накопичення цинку та міді в зерні пшениці озимої був нижчим порівняно із зерном пшениці ярої відповідно у 1,4 і 3,1 раза (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

**Коефіцієнт накопичення важких металів у зерні злаків в середньому
за період досліджень 2020-2021 рр.**

Злакові культури	Важкі метали								
	Кадмій			Цинк			Мідь		
	Концентрація у ґрунті, мг/кг	Концентрація у зерні, мг/кг	Кнак.	Концентрація у ґрунті, мг/кг	Концентрація у зерні, мг/кг	Кнак.	Концентрація у ґрунті, мг/кг	Концентрація у зерні, мг/кг	Кнак.
Пшениця озима	0,19	0,101	0,5	1,21	8,20	6,7	0,44	3,21	7,3
Пшениця яра	0,15	0,125	0,8	1,59	10,2	6,4	0,43	9,79	22,7
Ячмінь озимий	0,19	0,100	0,5	1,21	5,35	4,4	0,44	2,46	5,5
Ячмінь ярий	0,15	0,119	0,8	1,59	14,4	9,0	0,43	9,71	22,5

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [1]

У зерні ячменю озимого коефіцієнт накопичення кадмію був нижчим у 1,6 раза порівняно із зерном ячменю ярого. Коефіцієнт накопичення цинку та

міді в зерні ячменю озимого був також нижчим у 1,3 раза і 3,0 рази порівняно із зерном ячменю ярого (див. табл. 3.10).

Характеризуючи коефіцієнт накопичення важких металів зерна пшениці та ячменю (рис. 3.3), необхідно зазначити певну відмінність, зокрема, за показниками цинку та міді. Різниця між коефіцієнтом накопичення кадмію в зерні пшениці та ячменю не виявлено. Коефіцієнт накопичення цинку зерном пшениці озимої був вищим у 1,52 раза порівняно із зерном ячменю озимого. Тоді як коефіцієнт накопичення цинку зерном пшениці ярої був нижчим у 1,4 раза порівняно із зерном ячменю ярого.

Коефіцієнт накопичення міді в зерні пшениці озимої був вищим у 1,32 раза порівняно із зерном ячменю озимого. Різниця коефіцієнта накопичення міді в зерні пшениці ярої та ячменю ярого була не суттєва й складала 0,2 (рис. 3.3).

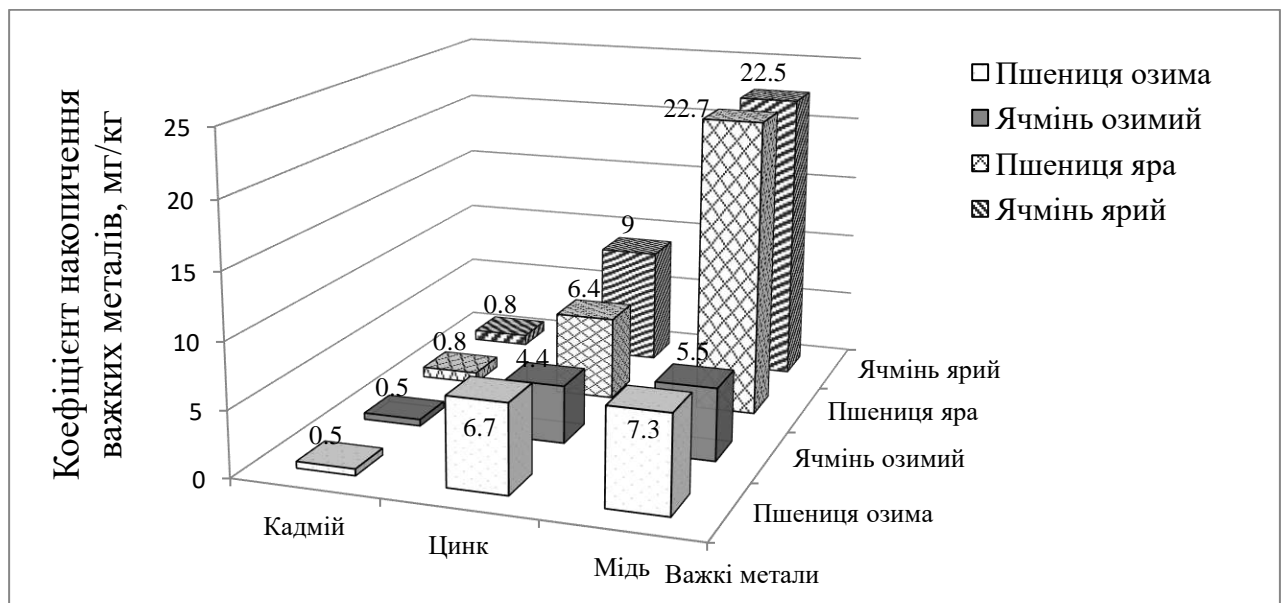


Рисунок 3.3 – Порівняльна характеристика коефіцієнта накопичення важких металів у зерні пшениці та ячменю в середньому за період досліджень 2020-2021 рр., мг/кг

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [1]

Наведені результати досліджень показують, що коефіцієнт небезпеки кадмію в зерні пшениці озимої був нижчим у 1,53 раза порівняно із зерном

пшениці ярої (табл. 3.11). Коефіцієнт небезпеки цинку й міді у зерні пшениці озимої був нижчим у 1,25 раза і 3,03 раза порівняно із зерном пшениці ярої.

Коефіцієнт небезпеки кадмію в зерні ячменю озимого був вищим порівняно із зерном ярого у 1,19 раза. Тоді як коефіцієнт небезпеки цинку та міді, навпаки, був нижчим у зерні ячменю озимого у 2,8 раза і 4,04 раза відповідно.

Тобто, коефіцієнт небезпеки кадмію в зерні пшениці та ячменю озимих був нижчим порівняно із зерном ярих культур цих рослин (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Коефіцієнт небезпеки важких металів у зерні злаків, в середньому за період досліджень 2020-2021 рр.

Злакові культури	Важкі метали								
	Кадмій			Цинк			Мідь		
	Фактична концентрація, мг/кг	ГДК	Кнеб.	Фактична концентрація, мг/кг	ГДК	Кнеб.	Фактична концентрація, мг/кг	ГДК	Кнеб.
Пшениця озима	0,101	0,1	1,01	8,20	50	0,16	3,21	10	0,32
Пшениця яра	0,125	0,1	1,25	10,2	50	0,20	9,79	10	0,97
Ячмінь озимий	0,100	0,1	1,0	5,35	50	0,10	2,46	10	0,24
Ячмінь ярий	0,119	0,1	1,19	14,4	50	0,28	9,71	10	0,97

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [1]

Коефіцієнт небезпеки цинку й міді в зерні пшениці озимої та ячменю озимого був нижчим порівняно із зерном ярих культур.

Унаслідок аналізу коефіцієнта небезпеки важких металів у зерні злаків виявлено певну різницю цього показника між зерном пшениці озимих та

ячменю озимого. Так коефіцієнт небезпеки цинку й міді в зерні пшениці озимої був вищим у 1,6 раза і 1,33 раза відповідно, порівняно із зерном ячменю озимого. У зерні пшениці ярої коефіцієнт небезпеки кадмію був вищим у 1,31 раза, тоді як цинку навпаки нижчим у 1,4 раза. Коефіцієнт небезпеки міді в зерні пшениці ярої та ячменю ярого був на одному і тому ж рівні (рис.3.4).

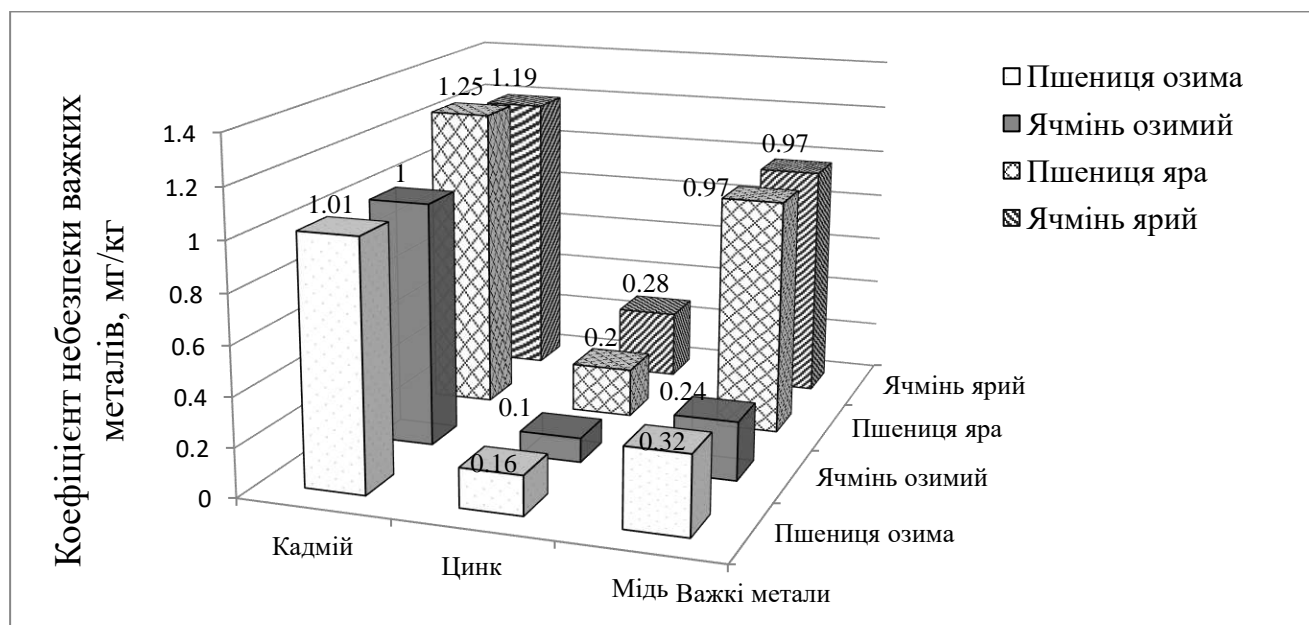


Рисунок 3.4 – Порівняльна характеристика коефіцієнта небезпеки важких металів у зерні пшениці та ячменю за період досліджень 2020-2021 рр., мг/кг

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [1]

Хоча варто зауважити, що в зерні пшениці озимої та ячменю озимого коефіцієнт небезпеки цинку та й міді був нижчим порівняно із зерном пшениці ярої та ячменю ярого (див. рис.3.4).

3.3. Урожайність і накопичення важких металів зерном озимих та ярих злакових зернових культур за різного зволоження ґрунтів

Аналіз урожайності пшениці озимої показав, що за суми опадів та штучного поливу ґрунтів в період від фази кущення до колосіння (259 мм – 263мм) врожайність виявилася нижчою, порівняно із природними опадами за цей період (47,5мм – 48,2 мм) на 14,5% (таблиця 3.12). Урожайність зерна

ячменю озимого була також нижчою на 13,0% за суми опадів та штучного поливу (262 мм – 270 мм) порівняно із природними опадами, яке було в межах (49,2мм – 50,5 мм), (дод. Д 1 – 4).

Таблиця 3.12

Урожайність озимих злакових культур залежно від рівня зволоження ґрунтів в умовах досліджуваних 2021-2022 рр.

Культура	Рівень зволоження, мм		Урожайність, т/га		
	2021	2022	2021	2022	У середньому за роки досліджень
Пшениця озима (Акратос)	263	259	6,1	5,7	5,9
	48,2	47,5	6,6	7,2	6,9
Ячмінь озимий (Луран)	270	262	5,4	5,2	5,0
	50,5	49,2	5,9	5,6	5,75

НР_{0,5} т/га: для пшениці озимої = за 2021 р. – 0,39; за 2022 р. – 0,468; для ячменю озимого за 2021 р. – 0,29; за 2022 р. – 0,13.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [1]

Відомо, що достатнє зволоження ґрунтів помітно впливає на інтенсивність засвоєння кореневою системою рослин поживних речовин зокрема і мікроелементів, що позитивно відображається на врожайності сільськогосподарських культур [2].

Однак, за аномального поливу ґрунтів, спостерігається вимивання з верхніх горизонтів ґрунту поживних речовин, що тією чи іншою мірою впливає на їх засвоєння рослиною [3, 4]. Відомо, що за дощування, у разі низької вологості ґрунту, в нього потрапляє високий рівень натрію, який підвищує лужність ґрунтів. Поряд з цим також необхідно зазначити, що зниження рН ґрунтового середовища до більш нейтрального, а також і лужного сприяє й зниженню переміщення важких металів до рослин, так і до їхньої продукції [5, 6]. Сприятливий вплив вологи спостерігали у випадку оптимального зволоження, тобто надходження опадів у такій кількості, в якій є

потреба для рослин [7–9]. Аномально високі рівні зволоження ґрунтів через опади, які зафіксовані в 2011 та 2014 роках і низьких, зокрема 2019, 2020, 2023 роки супроводжувалися зниженням урожайності сільськогосподарських культур за порушення умов їхнього живлення [10].

Через це виникла необхідність у вивченні впливу різного зволоження ґрунтів на накопичення в зерні злаків важких металів в умовах потенційного техногенного впливу на сільськогосподарські угіддя.

Результати досліджень з вивчення інтенсивності забруднення в умовах дослідних сільгоспугідь ґрунтів рухомими формами важких металів показали, що перевищень ГДК, які встановлено за показниками свинцю 6,0 мг/кг, кадмію 0,7 мг/кг, цинку – 23,0 мг/кг та міді – 3,0 мг/кг, не спостерігали. Зразки відбиралися перед висіванням зернових культур. Концентрація цинку та міді у ґрунті була нижчою за ГДК 2021 року в 38,9 та 8,3 раза, а 2022 року – у 37,7 та 9,37 раза відповідно. Перевищень ГДК за показниками свинцю, кадмію в ґрунті також не спостерігали. Так концентрація свинцю та кадмію 2021 року була нижчою за ГДК у 4,5 раза і 10,9 раза, а 2022 року – в 4,47 і 11,3 раза відповідно (рис. 3.5), (дод. Д 10).

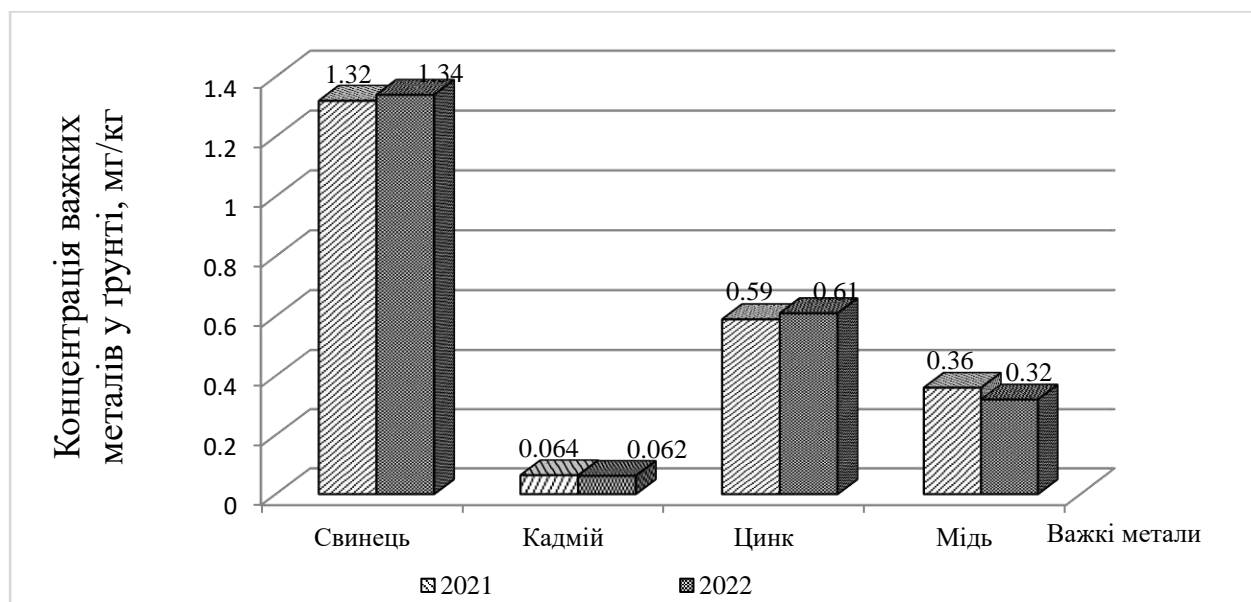


Рисунок 3.5 – Інтенсивність забруднення ґрунтів важкими металами в умовах дослідних угідь , мг/кг

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [11, 12]

Аналіз вмісту важких металів у поливній воді показав, що перевищень ГДК за показниками свинцю, кадмію, цинку та міді 2021 року не спостерігали. Зокрема, концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді у воді була у 11, 25, 500 рази нижче ГДК. А концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді 2022 року була нижчою за ГДК у 0,09, 20, 333 рази відповідно. Протягом досліджуваних років перевищень ГДК за показниками кадмію у воді також не спостерігали (рис. 3.6), (дод. Д 4, Д6).

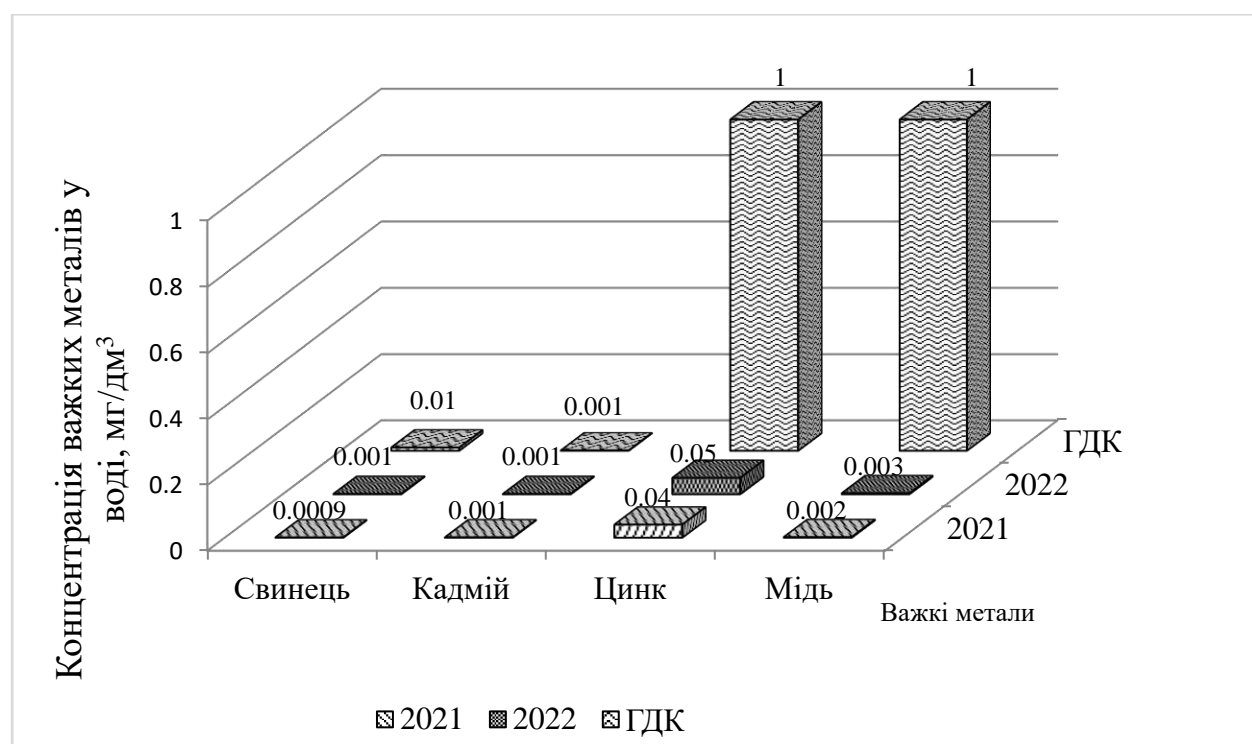


Рисунок 3.6 – Інтенсивність забруднення води важкими металами в умовах дослідних угідь, мг/дм³

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Вивчення інтенсивності забруднення зерна озимих зернових важкими металами показали, що за суми опадів та штучного поливу (256,2 мм – 272,5 мм) у період закінчення фази кущення до фази колосіння концентрація свинцю й кадмію у цій сировині була нижчою в ячменю озимого сорту Луран на 31,8% та 11,1% та у пшениці озимій сорту Акратос на 48,9% і 21,4% відповідно, порівняно з зволоженням ґрунтів природними опадами від 47,4 мм до 52,3 мм.

Вищою інтенсивністю зниження важких металів у зерні озимих зернових злаків характеризувався свинець, порівняно з кадмієм. Так за суми опадів та

штучного поливу ґрунтів 256,2 мм – 272,5 мм у період кушення–колосіння інтенсивність зниження свинцю в зерні ячменю озимого була вищою на 20,7 п.п., а у пшениці озимій – на 27,5 п.п. порівняно з кадмієм (табл. 3.13), (дод. Д 2, Д 8).

Таблиця 3.13

**Концентрація важких металів у зерні озимих зернових культур,
вирощених за різного рівня зволоження ґрунтів за період досліджень
2021-2022 рр., мг/кг**

Культура	Особливості зволоження ґрунтів	Роки проведення досліджень	Рівень зволоження ґрунтів, мм	ГТК	Важкі метали			
					Свинець		Кадмій	
					Фактична	У середньому за роки	Фактична	У середньому за роки
Ячмінь озимий (Луран)	Опади	2021	52,3	0,87	0,871± 0,004	0,912	0,079± 0,004	0,091
		2022	47,4	0,72	0,952± 0,004		0,101± 0,003	
	Опади та штучний полив	2021	256,2	3,14	0,603± 0,006	0,622	0,084± 0,002	0,082
		2022	272,5	2,96	0,645± 0,008		0,076± 0,008	
Пшениця озима (Акратос)	Опади	2021	52,3	0,87	0,411± 0,007	0,462	0,068± 0,003	0,072
		2022	47,4	0,72	0,412± 0,001		0,072± 0,005	
	Опади та штучний полив	2021	256,2	3,14	0,273± 0,005	0,253	0,053± 0,002	0,055
		2022	272,5	2,96	0,238± 0,003		0,057± 0,008	

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [11]

Аналізуючи концентрацію важких металів необхідно зазначити, що за суми опадів та штучного поливу ґрунтів від 256,2 мм до 272,5 мм цей показник

був вищим за цинком у 1,07 раза, а за міддю нижчим у 1,15 раза в зерні ячменю озимого та відповідно у 1,14 раза вищим та в 1,15 раза нижчим у зерні пшениці озимої, порівняно з рівнем зволоження ґрунтів за природних опадів від 47,4 мм до 52,3 мм (табл. 3.14), (дод. Д 2, Д 8).

Таблиця 3.14

**Концентрація важких металів у зерні озимих зернових культур,
вирощених за різного рівня зволоження ґрунтів за період досліджень
2021-2022 рр., мг/кг**

Культура	Особливості зволоження ґрунтів	Роки проведення досліджень	Рівень зволоження ґрунтів, мм	ГТК	Важкі метали			
					Цинк		Мідь	
					Фактична	У середньому за роки	Фактична	У середньому за роки
Ячмінь озимий (Луран)	Опади	2021	52,3	0,87	23,1±0,19	23,8	5,87±0,027	5,98
		2022	47,4	0,72	24,5±0,14		6,10±0,036	
	Опади та штучний полив	2021	256,2	3,14	24,8±0,10	25,5	4,56±0,013	5,20
		2022	272,5	2,96	26,2±0,12		5,85±0,010	
Пшениця озима (Акратос)	Опади	2021	52,3	0,87	22,9±0,12	22,95	6,35±0,013	6,25
		2022	47,4	0,72	23,0±0,08		6,15±0,017	
	Опади та штучний полив	2021	256,2	3,14	25,4±0,08	26,25	4,89±0,017	5,42
		2022	272,5	2,96	27,1±0,13		5,95±0,017	

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [12]

Характеризуючи коефіцієнт накопичення важких металів необхідно зауважити, що за суми опадів та штучного зволоження ґрунтів від 256,2 мм до

272,5 мм показник коефіцієнта накопичення був нижчим за свинцем на 31,3%, а за кадмієм – на 11,8% у зерні ячменю озимого та на 39,3% і 22,5% відповідно у зерні пшениці озимої, порівняно з рівнем зволоження ґрунтів за природних опадів від 47,4 мм до 51,3 мм (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

Коефіцієнт накопичення важких металів у зерні озимих зернових культур вирощених за різного рівня зволоження ґрунтів за період досліджень 2021-2022 рр.

Культура	Особливості зволоження ґрунтів	Роки проведення досліджень	Рівень зволоження ґрунтів, мм	ГТК	Важкі метали			
					Свинець		Кадмій	
					Фактична	У середньому за роки	Фактична	У середньому за роки
Ячмінь озимий (Луран)	Опади	2021	52,3	0,87	0,653	0,678	1,232	1,435
		2022	47,4	0,72	0,701		1,631	
	Опади та штучний полив	2021	256,2	3,14	0,452	0,465	1,311	1,267
		2022	272,5	2,96	0,473		1,221	
Пшениця озима (Акрагос)	Опади	2021	52,3	0,87	0,315	30,521	1,061	1,114
		2022	47,4	0,72	0,302		1,161	
	Опади та штучний полив	2021	256,2	3,14	0,203	18,525	0,821	0,864
		2022	272,5	2,96	0,175		0,911	

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [11]

Аналізуючи показник коефіцієнта накопичення за суми опадів та штучного зволоження ґрунтів від 256,2 мм до 272,5 мм необхідно зазначити, що

він був вищим за цинком у 1,07 раза, а за міддю нижчим у 1,05 раза в зерні ячменю озимого, та у 1,14 раза вищим за показниками цинку і в 1,15 раза нижчим за показниками міді відповідно у зерні пшениці озимої порівняно з рівнем природних опадів від 47,4 мм до 52,3 мм (табл. 3.16).

Таблиця 3.16

Коефіцієнт накопичення важких металів у зерні озимих зернових культур вирощених за різного рівня зволоження ґрунтів за період досліджень 2021-2022 рр.

Культура	Особливості зволоження ґрунтів	Роки проведення досліджень	Рівень зволоження ґрунтів, мм	ГТК	Важкі метали			
					Цинк		Мідь	
					Фактична	У середньому за роки	Фактична	У середньому за роки
Ячмінь озимий (Луран)	Опади	2021	52,3	0,87	39,1	39,65	16,3	17,65
		2022	47,4	0,72	40,2		19,0	
	Опади та штучний полив	2021	256,2	3,14	42,0	42,45	12,6	16,8
		2022	272,5	2,96	42,9		18,3	
Пшениця озима (Акрагос)	Опади	2021	52,3	0,87	38,8	38,25	17,6	18,4
		2022	47,4	0,72	37,7		19,2	
	Опади та штучний полив	2021	256,2	3,14	43,0	43,7	13,6	16,05
		2022	272,5	2,96	44,4		18,5	

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [12]

У зерні озимих зернових коефіцієнт небезпеки за суми опадів та штучного зволоження ґрунтів 256,2 мм – 272,5 мм був нижчим за показниками

свинцю та кадмію порівняно з рівнем зволоження ґрунтів природними опадами 47,4 мм – 51,3 мм. Зокрема, в ячменю озимого на 24,4% і 10,1% та пшениці озимої на 39,0% і 21,4% відповідно, порівняно з рівнем зволоження ґрунтів природними опадами від 47,4 мм до 52,3 мм (табл. 3.17).

Таблиця 3.17

**Коефіцієнт небезпеки важких металів у зерні озимих зернових
вищених за різного рівня зволоження ґрунтів за період досліджень
2021-2022 рр.**

Культура	Особливості зволоження ґрунтів	Роки проведення досліджень	Рівень зволоження ґрунтів, мм	ГТК	Важкі метали			
					Свинець		Кадмій	
					Фактична	У середньому за роки	Фактична	У середньому за роки
Ячмінь озимий (Луран)	Опади	2021	52,3	0,87	0,840	0,824	0,794	0,892
		2022	47,4	0,72	0,801		1,022	
	Опади та штучний полив	2021	256,2	3,14	0,607	0,624	0,845	0,804
		2022	272,5	2,96	0,647		0,767	
Пшениця озима (Акратос)	Опади	2021	52,3	0,87	0,827	0,824	0,685	0,707
		2022	47,4	0,72	0,828		0,728	
	Опади та штучний полив	2021	256,2	3,14	0,544	0,504	0,533	0,553
		2022	272,5	2,96	0,464		0,579	

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [11]

Коефіцієнт небезпеки важких металів у зерні озимих зернових культур за суми опадів та штучного зволоження ґрунтів від 256,2 мм до 272,5 мм у період

кущання–колосіння був вищим за показниками цинку та нижчим за показниками міді порівняно з рівнем зволоження ґрунтів природними опадами 47,4 мм – 52,3 мм. Збільшення цинку в 1,06 раза та зменшення міді в 1,15 раза у зерні ячменю озимого та в 1,15 і 1,16 раза відповідно у зерні пшениці озимої (табл. 3.18).

Таблиця 3.18

Коефіцієнт небезпеки важких металів у зерні озимих зернових вирощених за різного рівня зволоження ґрунтів за період досліджень 2021-2022 рр.

Культура	Особливості зволоження ґрунтів	Роки проведення досліджень	Рівень зволоження ґрунтів, мм	ГТК	Важкі метали			
					Цинк		Мідь	
					Фактична	У середньому за роки	Фактична	У середньому за роки
Ячмінь озимий (Луран)	Опади	2021	52,3	0,87	0,46	0,47	0,58	0,59
		2022	47,4	0,72	0,49		0,61	
	Опади та штучний полив	2021	256,2	3,14	0,49	0,50	0,45	0,51
		2022	272,5	2,96	0,52		0,58	
Пшениця озима (Акратос)	Опади	2021	52,3	0,87	0,45	0,45	0,63	0,62
		2022	47,4	0,72	0,46		0,61	
	Опади та штучний полив	2021	256,2	3,14	0,50	0,52	0,48	0,53
		2022	272,5	2,96	0,54		0,59	

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [12]

Отже, в результаті проведених досліджень виявлено, що за суми опадів та штучного поливу ґрунтів озимих зернових культур спостерігали підвищення

транслокації цинку та зниження транслокації міді в зерні, відповідно до коефіцієнта небезпеки цих токсикантів. Та за суми опадів та штучного поливу ґрунтів 256,2 мм – 272,5 мм у період від закінчення фази кущення до фази колосіння помічали зниження свинцю та кадмію в зерні ячменю озимого й пшениці озимої від 31,3% до 39,3% і 11,8% до 22,5% відповідно. Тобто має певний вплив на переміщення свинцю та кадмію в озимі зернові культури, зокрема зниження цих токсикантів у зерні за суми опадів та штучного поливу ґрунтів.

За суми опадів та штучного поливу ґрунтів під час вегетації у період від фази кущення до початку фази дозрівання зерна спостерігали підвищення цинку та зниження міді як у зерні ячменю озимого, так і у зерні пшениці озимої.

Виявлено певну системність підвищення показника накопичення цинку та зниження показника накопичення міді в зерні озимих зернових культур у варіантах як за природних опадів, так і за умови суми опадів і штучного поливу ґрунтів.

3.4. Урожайність і накопичення важких металів зерном ярих злакових зернових культур за різного зволоження ґрунтів

Під час досліджень виявлено також вплив аномального зволоження ґрунтів на врожайність ячменю ярого сортів Геліос та сорту Цезар (табл. 3.19).

Урожайність ячменю ярого сортів Геліос і Цезар за середньої суми опадів та штучного поливу ґрунтів 264 мм (2021–2022 рр.) у період кущення–колосіння була нижчою на 18,0% і 14,1% відповідно, порівняно з середнім рівнем природних опадів 49,8 мм за цей період.

Тобто за суми опадів та штучного поливу сірих лісових ґрунтів 272,4 мм, спостерігали зниження накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді зерном ячменю ярого незалежно від сорту та ботанічної приналежності культури порівняно з рівнем природного зволоження 47,4 мм (табл. 3.19), (дод. Е 5 – 8).

Таблиця 3.19

**Урожайність ячменю ярого в залежності від рівня зволоження
(2021–2022 рр.), т/га**

Сорт	Рівень зволоження ґрунтів, мм		Урожайність, т/га		
	2021 рік	2022 рік	2021	2022	У середньому за роки дослідження
Ячмінь ярий Геліос	52,3	47,4	3,1	3,0	3,05
	256,2	272,5	2,6	2,4	2,5
Ячмінь ярий Цезар	52,3	47,4	3,7	3,4	3,55
	256,2	272,5	3,2	2,9	3,05

НІР_{0,5} т/га: для ячменю ярого Геліос = за 2021 р. – 0,184; за 2022 р. – 0,431; для ячменю ярого Цезар за 2021 р. – 0,503; за 2022 р. – 0,290.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

Результати досліджень показали, що перевищень у ґрунті важких металів за вирощування ячменю ярого, зокрема свинцю, кадмію, цинку та міді не спостерігали. Зразки відбиралися перед висіванням зернових культур. Так концентрація важких металів у ґрунті порівняно з ГДК (свинцю – 6,0 мг/кг, кадмію – 0,7 мг/кг, цинку – 23,0 мг/кг, міді – 3,0 мг/кг) 2021 року була нижчою за показниками свинцю у 4,47 раза, кадмію – у 2,25 раза, цинку – у 35,9 раза та міді – у 9,6 раза, тоді як 2022 року ці самі показники склали 4,7 раза, 2,25, 35,9 та 4,09 раза(рис. 3.7), (дод. Д 10).

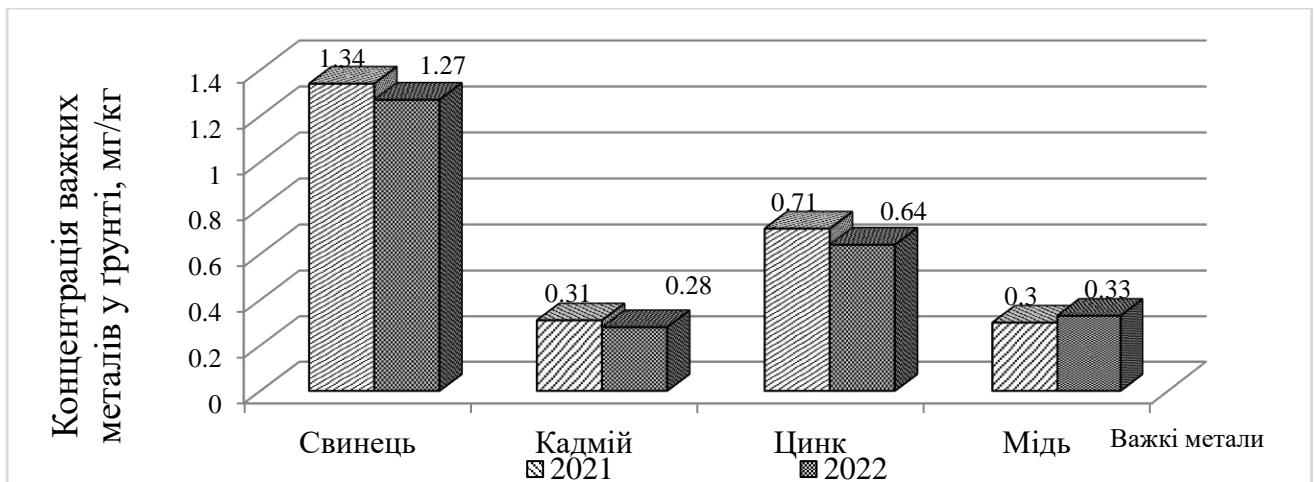


Рисунок 3.7 – Інтенсивність забруднення ґрунтів важкими металами, мг/кг

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

За результатами досліджень виявлено певний вплив за аномального зволоження ґрунтів протягом періоду кущення–колосіння (256,2 мм – 272,5 мм) порівняно з природними опадами (47,4 мм – 52,3 мм) на концентрацію важких металів у зерні злаків (табл. 3.20), (дод. Д 2, Д 8).

Таблиця 3.20

Концентрація важких металів у зерні ячменю ярого залежно від різного рівня зволоження за період досліджень 2021-2022 рр., мг/кг

Сорт	Особливості зволоження	Роки досліджень	Важкі метали							
			Свинець		Кадмій		Цинк		Мідь	
			Фактична	У середньому за роки	Фактична	У середньому за роки	Фактична	У середньому за роки	Фактична	У середньому за роки
Ячмінь ярий Геліос	Опади	2021	0,46± 0,012	0,465	0,09± 0,004	0,085	24,11± 0,026	26,03	5,72± 0,010	5,64
		2022	0,47± 0,013		0,08± 0,004		27,96± 0,023		5,56± 0,012	
	Опади та штучний полив	2021	0,40± 0,006	0,435	0,06± 0,004	0,055	21,32± 0,020	23,79	5,04± 0,008	4,84
		2022	0,47± 0,008		0,05± 0,004		26,26± 0,035		4,65± 0,008	
Ячмінь ярий Цезар	Опади	2021	0,54± 0,008	0,52	0,08± 0,004	0,075	26,74± 0,043	26,27	5,79± 0,018	5,64
		2022	0,50± 0,01		0,07± 0,004		25,80± 0,033		5,50± 0,013	
	Опади та штучний полив	2021	0,49± 0,008	0,45	0,04± 0,004	0,045	23,17± 0,010	22,25	5,08± 0,008	4,97
		2022	0,41± 0,008		0,05± 0,004		21,33± 0,020		4,87± 0,010	

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

Так у ячменю ярого сорту Геліос за суми опадів та штучного поливу ґрунтів 2021 року концентрація свинцю була нижчою на 15,0%, кадмію – на 50%, цинку – на 13,0% та міді на 13,4% порівняно із природним зволоження. В зерні ячменю цього ж сорту, вирощеного 2022 року, концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді була також нижчою на 4,2%, 60%, 6,4% та 19,5% відповідно за суми опадів та штучного поливу, порівняно з природними опадами (див. табл. 3.20).

У зерні ячменю ярого сорту Цезар за суми опадів та штучного поливу, порівняно з природним зволоженням 2021 року концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді була вищою на 10,2%, 77%, 6,2% та 14,0%, тоді як 2022 року – на 13,6%, 40%, 20,96% та 12,9% (рис. 3.8, 3.9).

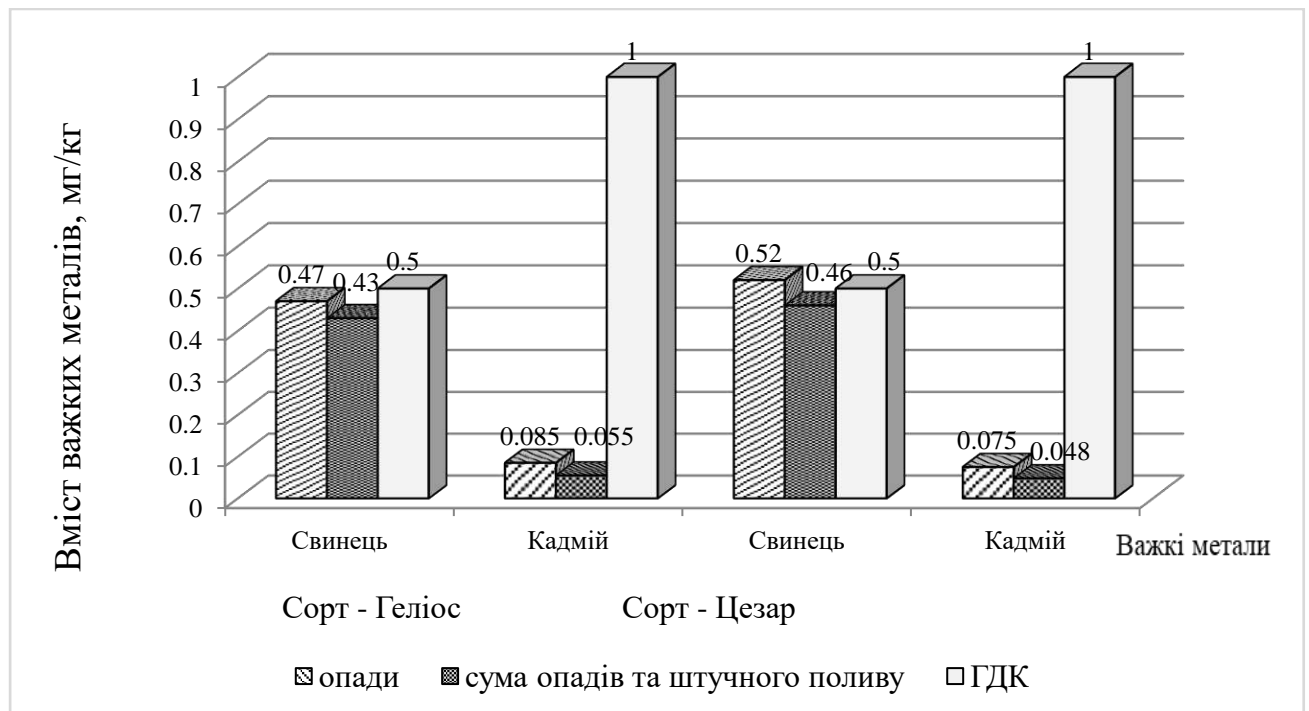


Рисунок 3.8 – Концентрація свинцю та кадмію у зерні різних сортів ячменю ярого в середньому за період досліджень (2021–2022 рр.)

Джерело: сформовано на основі власних досліджень[13]

Також, характеризуючи накопичення важких металів зерном ячменю ярого залежно від сорту, необхідно зауважити про виявлені між ними відмінності. Зокрема, ячмінь ярий сорту Геліос за зволоження ґрунтів природними опадами мав вищу концентрацію міді та кадмію на 19,4% і 12,5%

2021 р. та 1,0% і 12,5% 2022 р. у порівнянні із сортом Цезар. Концентрація свинцю та цинку в зерні ячменю сорту Геліос за зволоження природними опадами ґрунтів 2021 року була нижчою на 33% і 9,8%. 2022 року концентрація свинцю в зерні ячменю сорту Геліос була нижчою на 2%, а цинку, навпаки, вищою на 7,7% порівняно із сортом Цезар (рис. 3.8, 3.9).

У зерні ячменю ярого сорту Геліос за суми опадів та штучного поливу ґрунтів концентрація свинцю, цинку та міді була нижчою за зерно ячменю сорту Цезар 2021 року на 18,3%, 15,3% і 0,8%, а кадмію, навпаки, вищою на 33,3% (рис. 3.8, 3.9).

2022 року концентрація свинцю та цинку в зерні ячменю ярого сорту Геліос за суми опадів та штучного поливу ґрунтів була вищою на 6,8%, 23,3%, а міді нижчою на 4,5%. Однак, ця різниця не викликала перевищень ГДК цих елементів у зерні, а також не виявлено певних чітких закономірностей у накопиченні важких металів у зерні ярих злаків залежно від сорту за суми опадів та штучного поливу ґрунтів (рис. 3.8, 3.9).

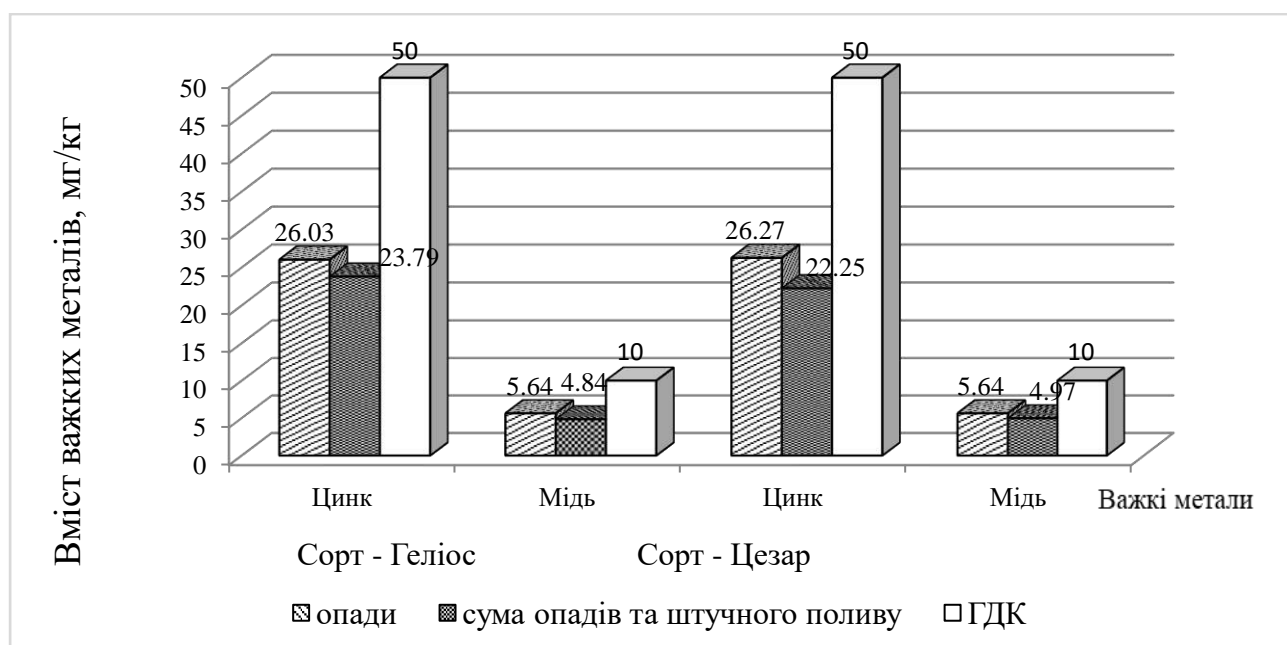


Рисунок 3.9 – Концентрація цинку та міді у зерні різних сортів ячменю ярого в середньому за період досліджень (2021–2022 рр.)

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

За результатами досліджень також встановлено, що за суми опадів та штучного поливу ґрунтів коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді був нижчим порівняно з зволоженням природними опадами (табл. 3.21).

Так за суми опадів та штучного поливу ґрунтів 2021 року коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді в зерні ячменю сорту Геліос був нижчим на 14,7%, 34,4%, 11,7% та 11,5% відповідно, порівняно з зволоженням природними опадами. 2022 року коефіцієнт небезпеки свинцю, кадмію, цинку та міді у зерні ячменю сорту Геліос за суми опадів та штучного поливу ґрунтів був нижчим на 2,6%, 35,7%, 5,9% та 18,4% відповідно, в порівнянні з зволоженням природними опадами (табл. 3.21).

Коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді в зерні ячменю сорту Цезар у 2021 і 2022 роках за суми опадів та штучного поливу ґрунтів був нижчим відповідно на 10% і 12,8%, 42,3% і 28,0%, 13,3% і 17,3%, 11,5% і 11,4% порівняно з зволоженням природними опадами (табл. 3.21).

Необхідно також зазначити, що коефіцієнт накопичення важких металів зерном ячменю ярого також змінювався в залежності від сорту. Так у зерні ячменю ярого сорту Геліос, вирощеного 2021 року за зволоження природними опадами ґрунтів коефіцієнт накопичення свинцю був нижчим на 15,0%, цинку на 9,5%, міді на 0,3%, а кадмію, навпаки, вищим на 15% порівняно з аналогічною продукцією ячменю сорту Цезар.

У зерні ячменю ярого сорту Геліос, вирощеного 2022 року за природного зволоження ґрунтів коефіцієнт накопичення свинцю був нижчим на 2,5%, а кадмію, цинку та міді вищим на 12%, 8,1%, та 1,2% відповідно, порівняно з сортом Цезар. За суми опадів та штучного поливу ґрунтів коефіцієнт накопичення свинцю, цинку та міді в зерні ячменю ярого сорту Геліос 2021 року був нижчим на 19,4% 7,9% та 0,6% відповідно, а кадмію – вищим на 26,6% порівняно з сортом Цезар. 2022 року зерно ячменю ярого сорту Геліос, за суми опадів та штучного поливу ґрунтів, мало коефіцієнт накопичення свинцю і цинку вищий порівняно із зерном ячменю ярого сорту Цезар на 8,8% і 23,1

відповідно, а міді, навпаки, нижчим на 6,8%. Коефіцієнт накопичення кадмію в зерні ячменю ярого сорту Геліос та Цезар був на одному рівні (див. табл. 3.21).

Таблиця 3.21

Коефіцієнт накопичення важких металів у зерні ячменю ярого за період досліджень 2021-2022 рр.

Сорт	Особливості зволоження	Роки досліджень	Важкі метали			
			Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Ячмінь ярий Геліос	Опади	2021	0,34	0,29	34,0	19,0
		2022	0,38	0,28	43,6	16,8
	Опади та штучний полив	2021	0,29	0,19	30,0	16,8
		2022	0,37	0,18	41,0	13,7
Ячмінь ярий Цезар	Опади	2021	0,40	0,26	37,6	19,1
		2022	0,39	0,25	40,3	16,6
	Опади та штучний полив	2021	0,36	0,15	32,6	16,9
		2022	0,34	0,18	33,3	14,7

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

У середньому за два роки досліджень за суми опадів та штучного поливу ґрунтів, сумарна норма якого склала разом із опадами протягом червня 266 мм, виявлено нижчу концентрацію свинцю, кадмію, цинку та міді у зерні ячменю ярого сорту Геліос і Цезар порівняно з природним рівнем опадів, кількість яких за цей період склала в середньому 49,8 мм (рис. 3.10, рис. 3.11).

Коефіцієнт накопичення свинцю, кадмію, цинку та міді у зерні ячменю ярого (рис. 3.10, рис. 3.11) за суми опадів та штучного поливу ґрунтів в середньому за 2021 та 2022 роки був нижчим відповідно у сорту Геліос на 8,3%, 35,0% і 16,6% порівняно з варіантом за зволоженням ґрунтів природними опадами.

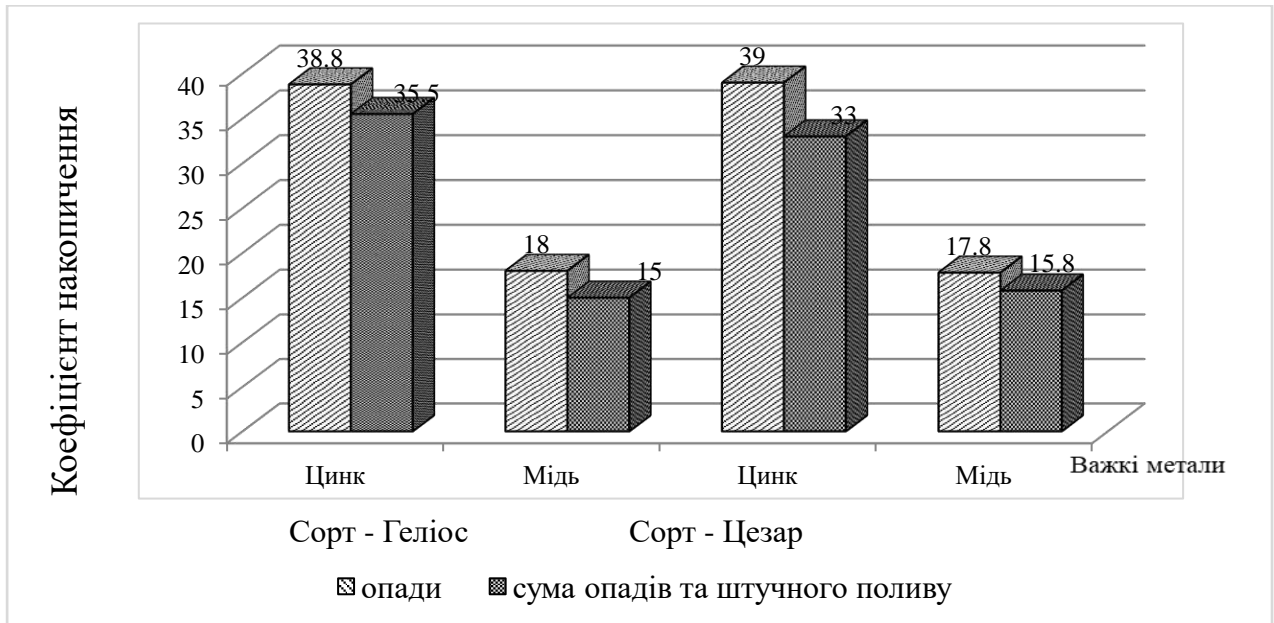


Рисунок 3.10 – Коефіцієнт накопичення цинку та міді у зерні різних сортів ячменю ярого в середньому за період досліджень (2021–2022 рр.)

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

У зерні ячменю ярого сорту Цезар коефіцієнт накопичення за суми опадів та штучного поливу був нижчим за показниками свинцю на 11,3%, цинку – на 15,3%, міді – на 11,2% порівняно з варіантом зволоження ґрунтів природними опадами (див. рис. 3.10, рис. 3.11).

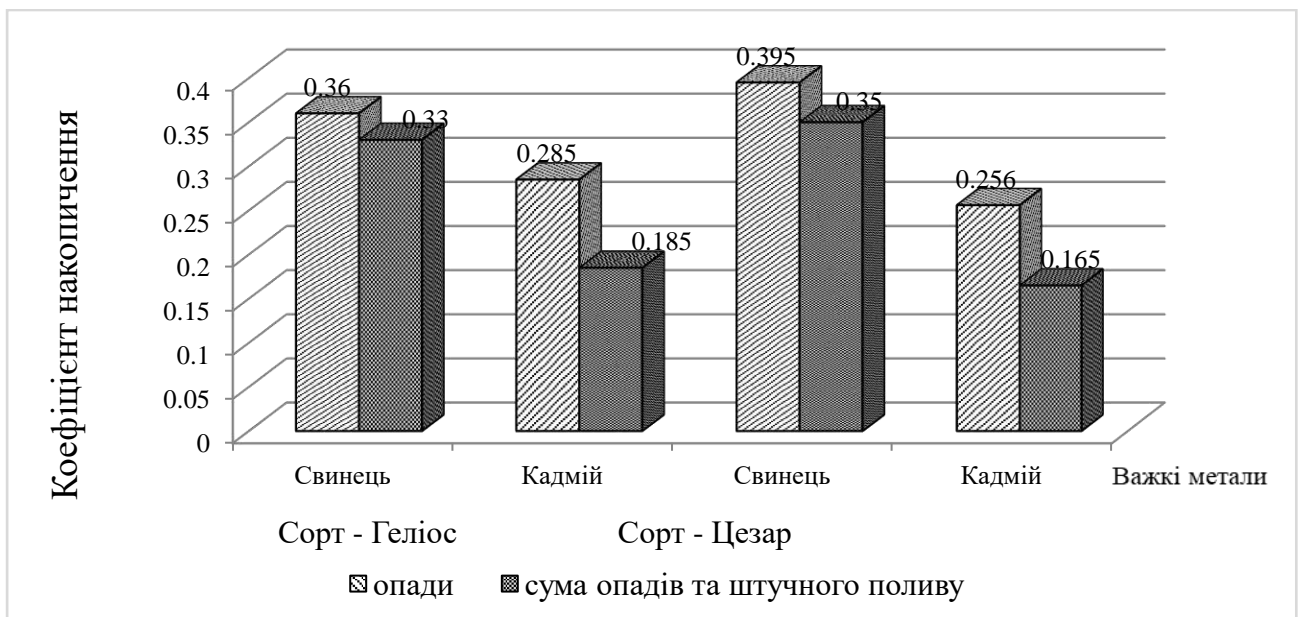


Рисунок 3.11 – Коефіцієнт накопичення свинцю та кадмію у зерні різних сортів ячменю ярого в середньому за період досліджень (2021–2022 рр.)

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

Характеризуючи коефіцієнт небезпеки важких металів у зерні ячменю ярого (табл. 3.22) необхідно зауважити, що цей показник за суми опадів та штучного поливу у сорту Геліос був нижчим за показниками свинцю, кадмію, цинку та міді відповідно на 12%, 33,3%, 12,5% та 12,2% 2021 року та зволоження 2022 року за показниками кадмію на 37,5%, цинку – на 7,1% і міді – на 15,3% порівняно з рівнем зволоження ґрунтів природними опадами.

У зерні ячменю сорту Цезар за суми опадів та штучного поливу ґрунтів коефіцієнт небезпеки свинцю, кадмію, цинку та міді був нижчим відповідно на 9,2%, 43,7%, 13,2% і 13,7% 2021 року та на 18,0%, 28,5%, 17,6%, і 12,7% 2022 року порівняно з рівнем зволоження ґрунтів природними опадами (таб. 3.22).

Таблиця 3.22

Коефіцієнт небезпеки важких металів у зерні ячменю ярого за період досліджень 2021-2022 рр.

Сорт	Особливості зволоження	Роки досліджень	Важкі метали			
			Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
Ярий ячмінь Геліос	Опади	2021	0,91	0,9	0,48	0,57
		2022	0,94	0,8	0,56	0,55
	Опади та штучний полив	2021	0,80	0,6	0,42	0,50
		2022	0,94	0,5	0,52	0,46
Ярий ячмінь Цезар	Опади	2021	1,08	0,8	0,53	0,58
		2022	1,0	0,7	0,51	0,55
	Опади та штучний полив	2021	0,98	0,45	0,46	0,50
		2022	0,82	0,5	0,42	0,48

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

Аналізуючи коефіцієнт небезпеки важких металів у зерні ячменю ярого Геліос, за природних опадів, необхідно зазначити, що цей показник за свинцем був нижчим на 11,5%, а кадмію, навпаки, вищим на 13,3% порівняно з зерном сорту Цезар. За суми опадів та штучного поливу ґрунтів коефіцієнт небезпеки у зерні сорту Геліос був нижчим на 3,3% за свинцем, а за кадмієм, навпаки, вищим на 17,0% порівняно із зерном сорту Цезар. За результатами дослідів вивчення коефіцієнта небезпеки важких металів у зерні ячменю ярого виявлено

майже один і той самий рівень кадмію та свинцю, за зволоження природними опадами спостерігаємо на рисунку 3.12.

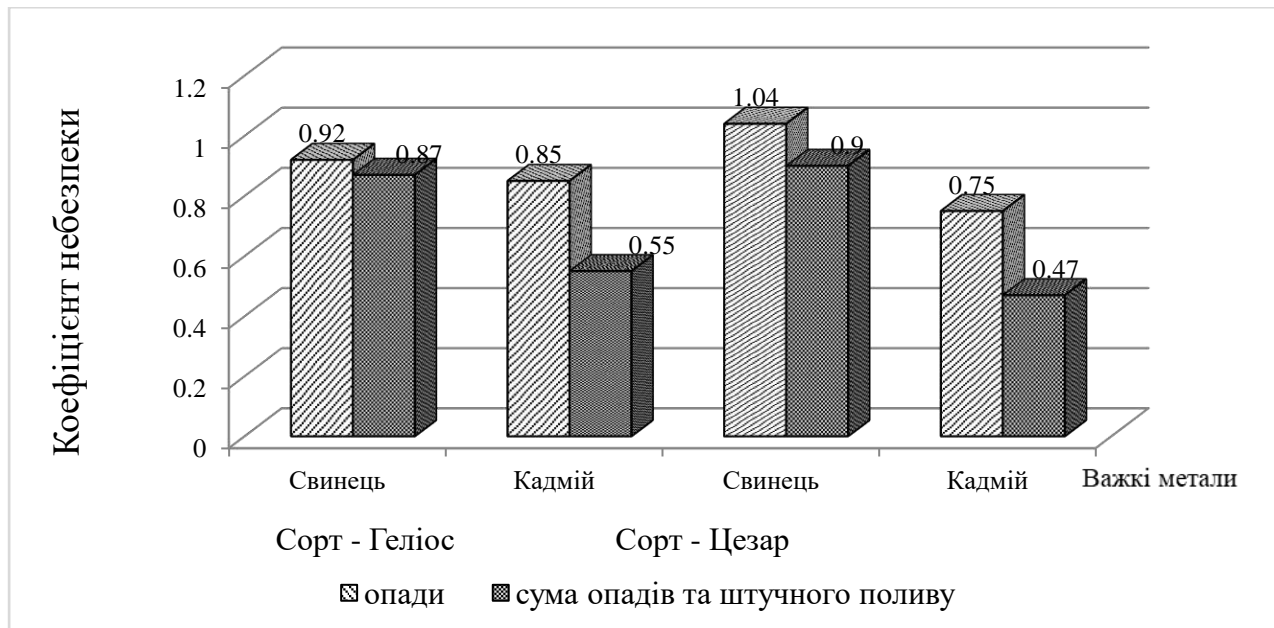


Рисунок 3.12 – Коефіцієнт безпеки свинцю та кадмію у зерні різних сортів ячменю ярого в середньому за період дослідження (2021–2022 рр.)

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

За результатами дослідів (рис. 3.13) у процесі вивчення коефіцієнта безпеки важких металів–мікроелементів у зерні ячменю ярого виявлено один і той самий рівень цинку та міді за зволоження природними опадами.

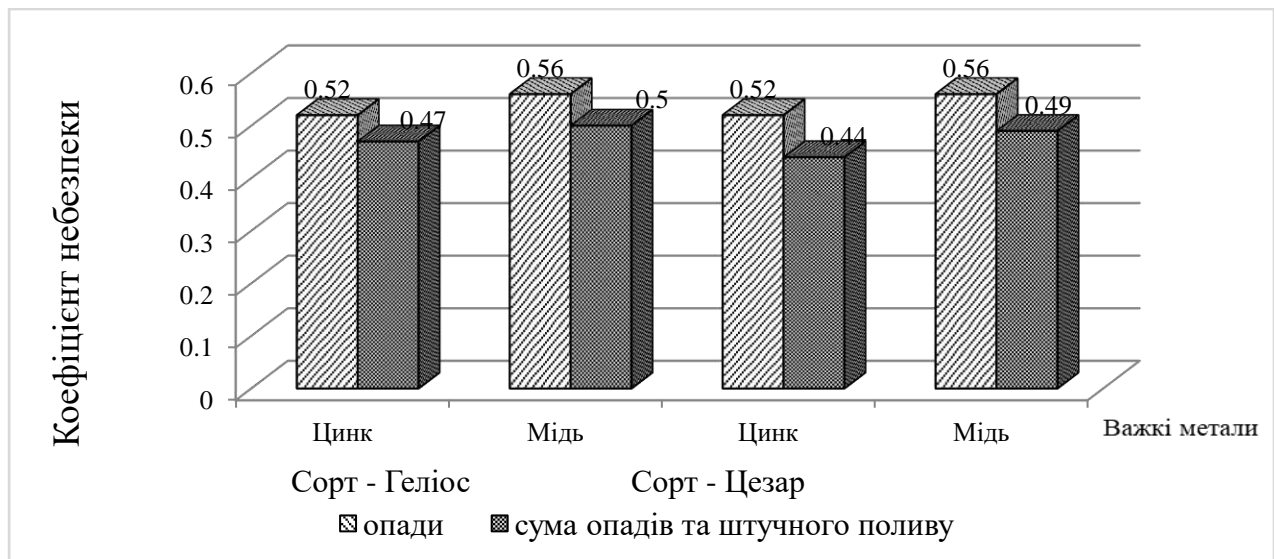


Рисунок 3.13 – Коефіцієнт безпеки цинку та міді у зерні різних сортів ячменю ярого в середньому за період дослідження (2021–2022 рр.)

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

За суми опадів та штучного зволоження ґрунтів коефіцієнт небезпеки цинку та міді в зерні ячменю ярого сорту Геліос був вищим на 6,8% і 2% порівняно із зерном сорту Цезар (див. рис.3.13).

3.5. Вплив мінерального удобрення ґрунтів у зерні озимих злаків на врожайність та інтенсивність накопичення свинцю, цинку та міді в умовах Лісостепу Правобережного

Виробництву злакових культур за інтенсивного землеробства властиві заходи, які використовують внесення високих норм мінеральних добрив. Наслідком цього є забруднення ґрунтів і довкілля важкими металами, що містяться у цих добривах, зокрема свинцем, кадмієм, міддю, цинком, ртуттю [14]. Ґрунт це основа за допомогою якого важкі метали потрапляють у рослини. Зокрема забруднення ґрунту важкими металами такими як: ртуть, кадмій, свинець, хром, мідь, цинк вважають найнебезпечнішим, на відміну від органічних забруднювачів. Важкі метали не піддаються біологічному розкладанню й здебільшого не рухливі, їхня концентрація у ґрунті може зберігатися сто і навіть тисячу років. Оскільки досліджувані сірі лісові ґрунти належать до середньозабезпечених, для хорошого урожаю злакових культур використовують мінеральні добрива.

Аналіз урожайності озимих злакових культур за удобрення ґрунтів мінеральними добривами показав, що за удобрення комплексним добривом $N_{90}P_{60}K_{60}$ урожайність виявилася вищою в обох озимих зернових культурах, порівняно з іншими видами удобрення. У процесі вирощування пшениці озимої та за удобрення ґрунтів аміачною селітрою (N_{90}), калієм хлористим (K_{60}) і суперфосфатом простим (P_{60}) урожайність пшениці озимої була нижчою у 1,05, 1,37 та 1,33 раза відповідно, порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$ в середньому за досліджувані роки (табл. 3.23).

Урожайність під час вирощування ячменю озимого за удобрення ґрунтів аміачною селітрою (N_{90}), калієм хлористим (K_{60}) та суперфосфатом простим (P_{60}), можемо зауважити, що урожайність була нижчою у 1,2, 1,48 та 1,44 раза в

середньому за досліджувані роки відповідно, порівняно з удобренням комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$ (табл. 3.23), (дод. Д 9 – 12).

Таблиця 3.23

Урожайність злакових культур за різного удобрення ґрунтів умовах досліджуваних 2022–2023 років

Культура	Особливості удобрення	Урожайність ц/га		
		2022	2023	У середньому за досліджувані роки
Пшениця озима Акратос	Комплексне удобрення ($N_{90}P_{60}K_{60}$)	72,2	78,6	75,4
	Аміачна селітра (N_{90})	70,3	72,1	71,2
	Калій хлористий (K_{60})	51,9	57,5	54,7
	Суперфосфат простий (P_{60})	54,2	58,6	56,4
Ячмінь озимий Луран	Комплексне удобрення ($N_{90}P_{60}K_{60}$)	68,4	72,0	70,2
	Аміачна селітра (N_{90})	52,7	61,7	57,2
	Калій хлористий (K_{60})	46,2	48,1	47,2
	Суперфосфат простий (P_{60})	47,2	50,2	48,7

$NP_{0,5}$ ц/га: для пшениці озимої Акратос = за 2022 р. – 0,444; за 2023 р. – 0,644; для ячменю озимого Луран за 2022 р. – 0,513; за 2023 р. – 0,401.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

Результати досліджень з вивчення інтенсивності забруднення ґрунтів рухомими формами важких металів (рис. 3.14) показали, що перевищень ГДК, які встановлено за свинцем, цинком і міддю, не спостерігали. Зразки відбиралися перед висіванням зернових культур. Зокрема, концентрація свинцю, цинку та міді у процесі вирощування пшениці озимої у ґрунті була нижчою за гранично допустимі норми у 5,6, 19,1 та у 7,5 раза відповідно.

Концентрація важких металів у ґрунті за вирощування ячменю озимого також була в межах допустимих норм та була нижчою за гранично-допустимі норми за свинцем, цинком і міддю у 4,6, 14,3 та 4,2 раза відповідно (дод. Д 11).

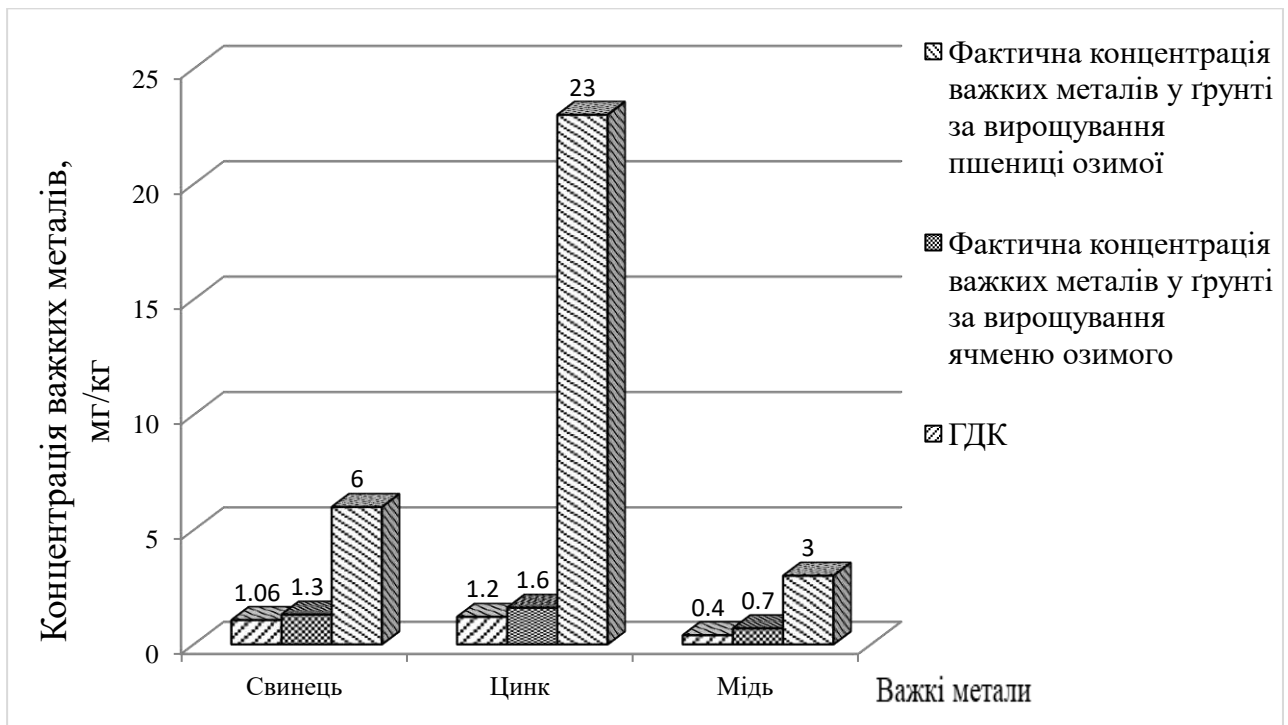


Рисунок 3.14 – Інтенсивність забруднення ґрунтів важкими металами в середньому за 2022–2023 рр., мг/кг

Джерело: сформовано на основі власних досліджень і розрахунків

Результати досліджень (табл. 3.24) показали, що вміст свинцю, цинку та міді в зерні пшениці озимої був вищим за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим у 2,3 рази, 1,4 рази, 1,4 рази, і 10,7 рази калію хлористого у 1,07, 1,2 рази та 1,06 рази, аміачної селітри у 2,5 рази, 1,06 рази та 1,02 рази відповідно, порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Вміст свинцю, цинку та міді був нижчим за гранично-допустимі концентрації в зерні пшениці озимої за комплексного удобрення ґрунтів $N_{90}P_{60}K_{60}$ добрив у 3,1 рази, 6,5 та 4,08 рази, суперфосфату простого у 1,34 рази, 4,6 та 3,8 рази, калію хлористого у 2,9 рази, 5,4 рази та аміачної селітри у 1,2, 6,2 та 3,9 рази відповідно. У зерні ячменю озимого за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим та аміачною селітрою підвищувався вміст свинцю у 1,5 рази і 1,65 рази, цинку в 1,1 рази і 1,2 рази відповідно, порівняно з варіантом комплексного удобрення $N_{90}P_{60}K_{60}$.

За удобрення калієм хлористим вміст у зерні ячменю, свинцю та міді знизився у 1,04 і 1,1 рази відповідно, порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$ добрив. Вміст цинку в зерні ячменю озимого за удобрення ґрунтів

суперфосфатом простим, калієм хлористим та аміачною селітрою був вищим у 1,1 раза, 1,68 раза, 1,2 раза порівняно з удобренням ґрунтів комплексного удобрення $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Перевищень гранично-допустимих концентрацій, які встановлено за свинцем, цинком і міддю у зерні як пшениці озимої так і ячменю озимого за використання усіх видів удобрення ґрунту, використаних у дослідженнях 2022–2023 років, не спостерігали (табл. 3.24), (дод. Д 7, Д 12).

Таблиця 3.24

Вплив мінерального підживлення ґрунтів на концентрацію важких металів у зерні озимих зернових культур в середньому за 2022–2023 рр.,

мг / кг

Культура	Особливості удобрення ґрунтів	Свинець		Цинк		Мідь	
		Вміст у зерні	ГДК	Вміст у зерні	ГДК	Вміст у зерні	ГДК
Пшениця озима Акратос	Комплексне удобрення ($N_{90}P_{60}K_{60}$)	0,159	0,5	7,58	50	2,45	10
	Аміачна селітра (N_{90})	0,397	0,5	8,06	50	2,52	10
	Суперфосфат простий (P_{60})	0,371	0,5	10,86	50	2,63	10
	Калій хлористий (K_{60})	0,171	0,5	9,17	50	2,61	10
Ячмінь озимий Луран	Комплексне удобрення ($N_{90}P_{60}K_{60}$)	0,175	0,5	6,0	50	1,72	10
	Аміачна селітра (N_{90})	0,289	0,5	7,45	50	1,84	10
	Суперфосфат простий (P_{60})	0,267	0,5	6,71	50	1,59	10
	Калій хлористий (K_{60})	0,167	0,5	6,50	50	1,55	10

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

Виявлено також певний вплив удобрення ґрунтів на коефіцієнт накопичення свинцю, цинку та міді в зерні пшениці озимої й зерні ячменю озимого (табл. 3.25). Зокрема, коефіцієнт накопичення свинцю, цинку та міді підвищувався у зерні пшениці озимої за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим у 2,3 раза, 1,4 раза та 1,07 раза, калієм хлористим у 1,06 раза, 1,2 раза та 1,06 раза аміачною селітрою у 2,4 раза, 1,06 раза та 1,02 раза відповідно, порівняно з комплексним удобренням ґрунтів $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Коефіцієнт накопичення свинцю в зерні ячменю озимого за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим та аміачною селітрою був підвищеним у 1,57 раза відповідно, а калію хлористого знизився у 1,02 раза порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Таблиця 3.25

Вплив мінерального підживлення ґрунтів на коефіцієнт накопичення важких металів у зерні озимих зернових культур в середньому за 2022–2023 рр.

Культура	Особливості удобрення ґрунтів	Свинець			Цинк			Мідь		
		Вміст у зерні	Вміст у ґрунті	Кнак	Вміст у зерні	Вміст у ґрунті	Кнак	Вміст у зерні	Вміст у ґрунті	Кнак
Пшениця озима Акратос	Комплексне удобрення ($N_{90}P_{60}K_{60}$)	0,159	1,06	0,15	7,58	1,2	6,3	2,45	0,4	6,12
	Аміачна селітра (N_{90})	0,397	1,06	0,37	8,06	1,2	6,7	2,52	0,4	6,3
	Суперфосфат простий (P_{60})	0,371	1,06	0,35	10,86	1,2	9,05	2,63	0,4	6,57
	Калій хлористий (K_{60})	0,171	1,06	0,16	9,17	1,2	7,6	2,61	0,4	6,52
Ячмінь озимий Луран	Комплексне удобрення ($N_{90}P_{60}K_{60}$)	0,175	1,3	0,13	6,09	1,6	3,80	1,72	0,7	2,45
	Аміачна селітра (N_{90})	0,289	1,3	0,22	7,45	1,6	4,65	1,84	0,7	2,62
	Суперфосфат простий (P_{60})	0,267	1,3	0,20	6,71	1,6	4,19	1,59	0,7	2,27
	Калій хлористий (K_{60})	0,167	1,3	0,12	6,50	1,6	4,06	1,55	0,7	2,21

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

Коефіцієнт накопичення цинку в зерні ячменю озимого за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим, калієм хлористим та аміачною селітрою був підвищеним у 1,1 раза, 1,06 раза та 1,2 раза відповідно, порівняно з комплексним удобренням. За удобрення ґрунтів аміачною селітрою коефіцієнт накопичення міді зріс у 1,06 раза, а суперфосфатом простим та калієм хлористим знизився відповідно у 1,07 раза і 1,1 раза відповідно, порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$ (див. табл. 3.25).

Таблиця 3.26

Вплив мінерального підживлення ґрунтів на коефіцієнт небезпеки важких металів у зерні озимих зернових культур в середньому за 2022–2023 рр.

Культура	Особливості удобрення ґрунтів	Свинець			Цинк			Мідь		
		Вміст у зерні	ГДК	Кнеб	Вміст у зерні	ГДК	Кнеб	Вміст у зерні	ГДК	Кнеб
Пшениця озима Акратос	Комплексне удобрення ($N_{90}P_{60}K_{60}$)	0,159	0,5	0,31	7,58	50	0,15	2,45	10	0,24
	Аміачна селітра (N_{90})	0,397	0,5	0,79	8,06	50	0,16	2,52	10	0,25
	Суперфосфат простий (P_{60})	0,371	0,5	0,74	10,86	50	0,21	2,63	10	0,26
	Калій хлористий (K_{60})	0,171	0,5	0,34	9,17	50	0,18	2,61	10	0,26
Ячмінь озимий Луран	Комплексне удобрення ($N_{90}P_{60}K_{60}$)	0,175	0,5	0,35	6,09	50	0,12	1,72	10	0,17
	Аміачна селітра (N_{90})	0,289	0,5	0,57	7,45	50	0,14	1,84	10	0,18
	Суперфосфат простий (P_{60})	0,267	0,5	0,53	6,71	50	0,13	1,59	10	0,16
	Калій хлористий (K_{60})	0,167	0,5	0,33	6,5	50	0,13	1,55	10	0,15

Джерело: сформовано на основі власних досліджень [13]

Характеризуючи коефіцієнт небезпеки свинцю, цинку та міді в зерні пшениці озимої необхідно зазначити, що цей показник був вищим за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим у 2,38, 1,4, 1,08 раза, калієм хлористим у 1,09, 1,2 та 1,08 раза та аміачною селітрою у 2,54, 1,06 та 1,04 раза відповідно,

порівняно з використанням суміші NPK добрив Коефіцієнт небезпеки свинцю та цинку в зерні ячменю озимого був вищим під час удобрення ґрунтів суперфосфатом простим у 1,54, 1,08 рази, калієм хлористим у 1,06 і 1,08 рази та аміачною селітрою у 1,62 і 1,28 рази відповідно, порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$ (табл. 3.26).

За удобрення мінеральними добривами сірих лісових ґрунтів виявили певний вплив на накопичення важких металів аміачною селітрою (N_{90}), суперфосфатом простим (P_{60}), калієм хлористим (K_{60}), спостерігали вищий вміст свинцю та цинку в зерні ячменю озимого й пшениці порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$ добрив.

Перевищень гранично-допустимих концентрацій за свинцем, цинком і міддю у зерні як пшениці озимої, так і ячменю озимого за комплексного удобрення ґрунтів $N_{90}P_{60}K_{60}$ так і N_{90} , P_{60} , K_{60} не спостерігали. Коефіцієнт небезпеки свинцю, цинку та міді в зерні пшениці озимої й ячменю не перевищував граничний показник 1,0, що свідчить про безпечність цієї продукції.

Висновки до розділу 3

1. За результатами досліджень, виявлено нижчий рівень накопичення кадмію, цинку й міді в зерні пшениці та ячменю озимих порівняно з аналогічними ярими злаками. Перевищень норми кадмію, цинку й міді із ГДК у зерні пшениці озимої та ячменю озимого не виявлено, тоді як у ярих злаках спостерігали перевищення кадмію у зерні ячменю та пшениці ярих.

2. Встановлено, що інтенсивність забруднення зерна озимих зернових важкими металами показала, що за суми опадів та штучного поливу ґрунтів 256,2 мм – 272,5 мм. у період закінчення фази кущення до фази колосіння концентрація свинцю, кадмію, міді у цій сировині була нижчою у сорту Луран ячменю озимого та у пшениці озимій сорту Акратос, порівняно із зволоженням ґрунтів природними опадами від 47,4 мм до 52,3 мм. А показник за цинком був вищим у зерні ячменю та пшениці озимого порівняно з рівнем зволоження ґрунтів природними опадами від 47,4 мм до 52,3 мм. Виявлено, що концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді у зерні ячменю ярого сорту Геліос і Цезар за суми опадів та штучного поливу ґрунтів 256,2 мм – 272,5 мм у період кущення–колосіння була нижчою порівняно з варіантом за зволоженням природними опадами ґрунтів від 47,4 мм до 52,3 мм.

3. Доведено певний вплив мінерального удобрення ґрунтів на врожайність і концентрацію у зерні озимих злаків важких металів свинцю, цинку та міді в умовах Лісостепу Правобережного. Зокрема, за удобрення мінеральними добривами сірих лісових ґрунтів аміачною селітрою (N_{90}), суперфосфатом простим (P_{60}), калієм хлористим (K_{60}) спостерігали вищий вміст свинцю та цинку в зерні ячменю й пшениці озимих порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$ добрив. Перевищень гранично-допустимих концентрацій за свинцем, цинком і міддю у зерні як пшениці озимої, так і ячменю озимого за комплексного удобрення ґрунтів $N_{90}P_{60}K_{60}$ і N_{90}, P_{60}, K_{60} не спостерігали.

Результати досліджень опубліковані в наукових працях [1, 11, 12, 13].

СПИСОК ВИКОРИСТОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Razanov S., Husak O., Polishchuk M., Bakhmat O., Koruniak O., Symochko L., Ovcharuk I. Accumulation peculiarities of heavy metals in cereal crops grains of different vegetation period in conditions of the forest steppe of the Right Bank of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2022. Vol. 12 (3). P. 43–50. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeess12.3>
2. Нетіс І. Т., Онуфран Л. І. Водний режим ґрунту на посівах ячменю ярого в умовах південного степу України. Таврійський науковий вісник. 2012. Вип. 79. С. 106–112.
3. Лозовіцький П. С. Меліорація ґрунтів та оптимізація ґрунтових процесів, 2014. 528 с.
4. Нетіс І. Т. Посухи та їх вплив на посіви озимої пшениці: монографія. Херсон: УААН, Інститут землеробства південного регіону Айлант, 2008. 252 с.
5. Razanov S., Landin V., Nedashkivskiy V., Ohorodnichuk H., Gucol G., Symochko L., Komynar M. Intensity of ¹³⁷Cs transition into nectar-pollinating plants and beekeeping products during reclamation of radioactively contaminated soils. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2022. Vol. 12 (1). P. 291–298. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijeess12.134>
6. Разанов С. Ф., Гуцол Г. В., Нагребецький М. І. Питома активність ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr у білковій продукції бджільництва за різної кислотності ґрунтів. *Сільське господарство та лісівництво*. 2015. № 2. С. 87–94.
7. Гончаров С. М., Потоцький Г. С. Сільськогосподарські меліорації. К.: Вища школа, 1991. 389 с.
8. Лозовіцький П. С. Водні та хімічні меліорації ґрунтів. К.: «Київський університет». 2010. 276 с.
9. Ушкаренко В. О. Зрошуване землеробство. К.: Урожай, 1994. 326 с.
10. Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Урожайність ячменю ярого залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду у Центральному

Лісостепу України. *Агробіологія*. 2016. № 2. С. 11–17. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/2481>

11. Razanov S. F., Husak O. B., Tkalic Y. I., Vradii O. I., Aleksieiev O. O., Verhelis V. I., Razanova A. M. Influence of soil moisture level on the translocation of plumbum and cadmium in the grains of winter cereals. *Agrology*. 2022 Vol. 5(4). P. 122–125. DOI: 10.32819/021119

12. Гусак О. Б. Вплив рівня зволоження ґрунтів на транслокацію Zn і Cu у зерно озимих зернових культур в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2. С. 181–191. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2

13. Razanov S., Husak O., Hnativ P., Dydiv A., Bakhmat O., Stepanchenko V., Pryshchepa A., Shcherbachuk V., Mazurak O. The Influence of the Gray Forest Soil Moisture Level on the Accumulation of Pb, Cd, Zn, Cu in Spring Barley Grain. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24 (7). P. 285–292. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/164747>

14. Panfilova A., Gamayunova V., Smirnova I. Influence of fertilizing with modern comPbex organic-mineral fertilizers to grain yield and quality of winter wheat in the southern steppe of Ukraine. *Journal of Agricultural Science*. 2020. № 2. P. 196–201. DOI: <https://doi.org/10.15159/jas.20.28>

РОЗДІЛ 4

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Економічна ефективність досліджень

Суттєвим для виконання досліджень є впровадження отриманих результатів у практику та проведена оцінка ефективності досліджень.

Війна та нестабільна економічна ситуація в країні сприяють систематичному зростанню цін на мінеральні добрива, на комплекси біопрепаратів для захисту злакових культур, які в сучасному світі є необхідними для нормального розвитку злакових зернових культур. Підвищення цін на пальне призводить до зростання собівартості зернової продукції та зменшення прибутку. На цьому етапі виробництва основним є знаходження альтернативи приросту економічної ефективності виробництва зернової продукції. Оскільки, враховуючи головні умови інтенсивного землеробства, це неконтрольоване й надмірне використання мінеральних добрив та хімізація сільського господарства, на цьому етапі розвитку землеробства є не вигідним, економічно недоцільним і шкідливим передусім для здоров'я людини. Зміна клімату має беззаперечний вплив на безпеку, якість та економічну ефективність вирощування ячменю озимого й ярого. Нестабільні кліматичні температурні режими, нерівномірне, недостатнє, а місцями суми опадів та штучного поливу ґрунтів є критичними для вегетації та безпечного формування врожаю зерна злакових культур.

Економічну ефективність результатів досліджень за використання удобрення ґрунтів мінеральними добривами комплексним удобренням ($N_{90}P_{60}K_{60}$), суперфосфатом простим (P_{60}), калієм хлористим (K_{60}), аміачною селітрою (N_{90}) визначали умовно, оцінюючи рівень рентабельності для вирощування основних сільськогосподарських зернових культур ячменю озимого.

Рівень рентабельності враховував додаткові витрати на виробництво зернової продукції за удобрення ґрунтів мінеральними добривами, з огляду на різні потреби запланованого урожаю, зважали лише на видатки, розраховуючи додаткові витрати на мінеральні добрива.

Аналіз економічної ефективності удобрення ґрунтів за вирощування ячменю озимого показав, що найвищий рівень рентабельності виробництва зерна ячменю спостерігали у варіанті за комплексного удобрення ґрунтів (N₉₀P₆₀K₆₀) (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Економічна ефективність результатів досліджень за удобрення ґрунтів різним мінеральним добривом у процесі вирощування ячменю озимого сорту Луран

Показники	Мінеральні добрива							
	2022 рік				2023 рік			
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀	P ₆₀	K ₆₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₉₀	P ₆₀	K ₆₀
Урожайність, т/га	6,84	5,27	4,72	4,62	7,2	6,17	5,02	4,81
Реалізаційна ціна, грн/тон	6000	6000	6000	6000	6300	6300	6300	6300
Виручка від реалізації	28305	24186	23548	23579	28828	26275	26196	24277
Витрати на 1 га площі, грн	41040	31620	28320	27720	45360	38871	31626	30303
Прибуток, грн	12735	7434	4772	4141	16532	12596	5430	6026
Рівень рентабельності %	44,9	30,7	20	17,5	57,3	47,9	20,7	24

Джерело сформовано на основі власних досліджень

Економічну ефективність результатів досліджень за суми опадів та штучного поливу ґрунтів визначали умовно, оцінюючи рівень рентабельності для вирощування сільськогосподарських зернових культур ячменю ярого.

Рівень рентабельності враховував додаткові витрати на виробництво зернової продукції за надмірного додаткового зволоження, з огляду на різні потреби запланованого урожаю, тобто зважали лише на видатки, розраховуючи додаткові витрати на зрошування.

Таблиця 4.2

Економічна ефективність результатів за суми опадів та штучного поливу ґрунтів (розрахунок на 1 га площі) у процесі вирощування ячменю ярого сорту Геліос

Показники	Рівень зволоження 2021 року		Рівень зволоження 2022 року	
	52,3 мм	256,2 мм	47,4 мм	272,5 мм
Урожайність, т/га	3,1	2,6	3,0	2,4
Реалізаційна ціна, грн/тон	6500	6500	6000	6000
Витрати на 1 га площі, грн	7,700	9,700	8,850	10,850
Виторг, грн	20150	16900	18000	14400
Прибуток, грн/га	12450	7200	9150	3550
Рівень рентабельності %	161	74,2	103	32,7

Джерело сформовано на основі власних досліджень

Результати економічної ефективності відображені в таблиці 4.2 показують, що у варіанті досліду за суми опадів та штучного поливу ґрунтів 256,2 мм 2021 року рівень рентабельності виробництва зерна ячменю ярого був нижчим на 86,8%, порівняно з природними опадами 52,3 мм. 2022 року рівень рентабельності виробництва зерна ячменю ярого був нижчим на 70,3% за рівня аномального зволоження 270,5 мм, порівняно з рівнем зволоження ґрунтів природними опадами 47,4 мм.

4.2. Екологічна ефективність досліджень

Аналізуючи екологічну ефективність результатів досліджень (табл. 4. 3) показали, що вміст у зерні ячменю озимого у 2022 році за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим та аміачною селітрою підвищувався свинцю у 1,5 раза і 1,2 раза, цинку в 1,1 раза і 1,2 раза відповідно, порівняно з варіантом комплексного удобрення N₉₀P₆₀K₆₀. За удобрення калієм хлористим вміст у зерні

ячменю, свинцю та міді знизився у 1,04 і 1,1 раза відповідно, порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$ добрив. Вміст цинку в зерні ячменю озимого за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим, калієм хлористим та аміачною селітрою був вищим у 1,1 раза, 1,1 раза, 1,2 раза порівняно з удобренням ґрунтів комплексного удобрення $N_{90}P_{60}K_{60}$ в умовах 2022 року.

Характеризуючи екологічну ефективність результатів досліджень на вміст важких металів у зерні ячменю озимого у 2023 році. За удобрення ґрунтів суперфосфатом простим та аміачною селітрою підвищувався вміст свинцю у 1,5 раза і 1,6 раза, цинку в 1 і 1,6 раза відповідно, порівняно з варіантом комплексного удобрення $N_{90}P_{60}K_{60}$. За удобрення калієм хлористим вміст у зерні ячменю, свинцю та міді знизився у 1 і 1,1 раза відповідно, порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$ добрив (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Екологічна оцінка результатів досліджень за удобрення ґрунтів різним мінеральним добривом у процесі вирощування ячменю озимого сорту Луран

Культура	Особливості удобрення ґрунтів	Вміст важких металів у зерні					
		2022			2023		
		Свинець	Цинк	Мідь	Свинець	Цинк	Мідь
Ячмінь озимий Луран	Комплекси удобрення ($N_{90}P_{60}K_{60}$)	0,174	5,83	1,70	0,176	6,2	1,74
	Суперфосфат простий (P_{60})	0,263	6,81	1,55	0,271	6,61	1,64
	Калій хлористий (K_{60})	0,165	6,45	1,52	0,170	6,56	1,58
	Аміачна селітра (N_{90})	0,285	7,42	1,81	0,293	7,48	1,88

Джерело сформовано на основі власних досліджень

Вміст цинку в зерні ячменю озимого за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим, калієм хлористим та аміачною селітрою був вищим у 1,06, 1,05 та 1,2 раза порівняно з удобренням ґрунтів комплексного удобрення $N_{90}P_{60}K_{60}$ в умовах

2023 року. Перевищень гранично-допустимих концентрацій, які встановлено за свинцем, цинком і міддю у зерні ячменю озимого за використання усіх видів удобрення ґрунту, використаних у дослідженнях 2022–2023 років, не спостерігали (див. табл. 4.3).

Аналіз вивчення екологічної ефективності згідно із результатами досліджень показав певний вплив за суми опадів та штучного поливу ґрунтів протягом періоду куцання–колосіння (256,2 мм – 272,5 мм) порівняно з опадами (47,4 мм – 52,3 мм) на концентрацію важких металів у зерні злаків (табл. 4.4).

Так, в ячмені ярого сорту Геліос за суми опадів та штучного поливу ґрунтів 2021 року концентрація свинцю була нижчою на 15,0%, кадмію – на 50%, цинку – на 13,0% та міді – на 13,4%, порівняно із зволоженням ґрунтів природними опадами. У зерні ячменю цього ж сорту, вирощеного 2022 року, концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді була також нижчою на 4,2%, 60%, 6,4% та 19,5% відповідно за суми опадів та штучного поливу ґрунтів, порівняно з опадами (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Екологічна оцінка результатів досліджень за суми опадів та штучного поливу ґрунтів у процесі вирощування ячменю ярого сорту Геліос

Рівень зволоження ґрунтів	Рік проведення досліджень	Вміст важких металів у зерні			
		Свинець	Кадмій	Цинк	Мідь
52,3 мм	2021	0,46	0,09	24,1	5,72
256,2 мм	2021	0,40	0,06	21,3	5,04
47,4 мм	2022	0,47	0,08	27,96	5,56
272,5 мм	2022	0,47	0,05	26,26	4,65

Джерело сформовано на основі власних досліджень

Перевищень гранично-допустимих концентрацій, які встановлено за свинцем, кадмієм, цинком і міддю у зерні ячменю ярого за різного рівня зволоження ґрунтів протягом досліджень 2021–2022 років, не спостерігали (див. табл. 4.4).

Висновки до розділу 4

1. Найкращі показники економічної ефективності були встановлені у процесі вирощування ячменю озимого за використання комплексного мінерального удобрення ґрунтів у дозі $N_{90}P_{60}K_{60}$, де був найвищий прибуток – 30290 грн/га 2022 року та 34040 грн/га – 2023 року. Найнижчі показники економічної ефективності були встановлені за вирощування ячменю ярого за аномально високого зволоження ґрунтів від 256,2 мм до 272,5 мм, де прибуток складав 2021 року 7200 грн/га, а 2022 року – лише 3550 грн/га.

2. За удобрення мінеральними добривами ґрунтів аміачною селітрою (N_{90}), суперфосфатом простим (P_{60}), калієм хлористим (K_{60}), спостерігали нижчий рівень рентабельності ячменю озимого порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$, де спостерігався найвищий рівень рентабельності під час вирощування ячменю озимого – 57,3 %. За суми опадів та штучного поливу ґрунтів 256,2 мм 2021 року рівень рентабельності вирощування зерна ячменю ярого був нижчим на 86,8%, порівняно з природними опадами 52,3 мм. 2022 року рівень рентабельності виробництва зерна ячменю ярого був нижчим на 70,3% за рівня аномального зволоження 270,5 мм, порівняно з природними опадами.

3. У процесі вирощування ячменю озимого спостерігали найвищу концентрацію свинцю, цинку та міді у зразку за удобрення ґрунтів аміачною селітрою у 1,6, 1,2 і 1,06 рази відповідно у 2022 році та у 1,6, 1,2 і 1,08 рази відповідно в умовах 2023 року. За аномально високого рівня зволоження ґрунтів від 256,2 мм до 272,5 мм у процесі вирощування ячменю ярого у 2021 році показники свинцю, кадмію, цинку, міді були нижчі у 1,15, 1,5, 1,13 та 1,13 рази відповідно порівняно з зволоженням природними опадами від 47,4 мм до 52,3 мм. В умовах 2022 року за рівня зволоження ґрунтів від 256,2 мм до 272,5 мм показники кадмію, цинку, та міді були нижчі у 1,16, 1,06, 1,19 рази відповідно порівняно з зволоженням природними опадами від 47,4 мм до 52,3 мм.

Результати досліджень опубліковані в науковій праці [1].

СПИСОК ВИКОРИСТОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Razanov S., Husak O., Hnativ P., Dydiv A., Bakhmat O., Stepanchenko V., Pryshchera A., Shcherbachuk V., Mazurak O. The Influence of the Gray Forest Soil Moisture Level on the Accumulation of Pb, Cd, Zn, Cu in Spring Barley Grain. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24 (7). P. 285–292. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/164747>

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі обґрунтовано накопичення важких металів зерном зернових культур у залежності від озимих та ярих форм вирощування за удобрення ґрунту мінеральними добривами та за різного рівня зволоження ґрунтів в умовах інтенсивного землеробства на тлі зміни клімату.

1. Аналіз інтенсивності накопичення важких металів показав перевищення концентрації кадмію у зерні пшениці озимої у 1,01 раза, пшениці ярої – у 1,25 раза порівняно з максимальними нормами згідно із чинним ГДК. Концентрація цинку й міді в зерні пшениці озимої була нижчою у 6,1 раза і 3,1 раза та відповідно пшениці ярої у 4,9 раза і 1,02 раза порівняно з максимально допустимою нормою згідно з ГДК. Концентрація кадмію в зерні ячменю озимого не перевищувала максимально допустимі норми згідно із чинним ГДК. Тоді як у зерні ячменю ярого спостерігали перевищення у 1,19 раза відповідно до максимально допустимих норм чинного ГДК. Концентрація цинку та міді була нижчою у зерні ячменю озимого відповідно у 9,3 раза і 4,0 рази, а ячменю ярого у 3,4 раза і 1,03 раза порівняно з максимально допустимою нормою згідно з ГДК.

2. Виявлено певну відмінність накопичення важких металів у зерні злаків озимих та ярих культур. Зокрема, у зерні пшениці озимої концентрація кадмію, цинку та міді була нижчою у 1,53 раза, 1,03 раза та 1,02 раза порівняно із зерном пшениці ярої. Концентрація кадмію в зерні ячменю озимого була нижчою у 1,19 раза порівняно із зерном ячменю ярого. Аналізуючи інтенсивність накопичення важких металів зерном різних злаків необхідно зазначити, що різниці між вмістом у зерні пшениці озимої та ячменю озимого практично не виявлено. Тоді як у зерні пшениці ярої вміст кадмію був вищим у 1,05 раза порівняно із зерном ячменю ярого. Вміст цинку в зерні пшениці озимої був вищим у 1,53 раза порівняно з зерном ячменю озимого. Тоді як у зерні пшениці ярої, навпаки, вміст цинку був нижчим у 1,41 раза порівняно із зерном ячменю ярого. В зерні пшениці ярої вміст міді був вищим у 1,1 раза порівняно із зерном ячменю ярого.

3. Аналіз урожайності пшениці озимої показав, що за суми опадів та штучного поливу від 259 мм до 263 мм врожайність виявилася нижчою на 14,5%, порівняно із природною сумою опадів за цей період від 47,5 мм до 48,2 мм. Урожайність зерна ячменю озимого була також нижчою на 13,0% за суми опадів та штучного поливу від 262 мм до 270 мм порівняно із природними опадами від 49,2 мм до 50,5 мм. Виявлено також вплив зволоження ґрунтів на врожайність ячменю ярого сортів Геліос та Цезар. Урожайність ячменю ярого сортів Геліос і Цезар за середньої кількості опадів 264 мм була нижчою на 18,0% і 14,1% відповідно, порівняно з природними опадами 49,8 мм за цей період.

Вивчення інтенсивності забруднення зерна озимих зернових важкими металами показали, що за суми опадів та штучного поливу ґрунтів (256,2 мм – 272,5 мм) у період закінчення фази кущення до фази колосіння концентрація свинцю й кадмію у зерні була нижчою в сорту Луран ячменю озимого на 31,8% та 11,1% та у пшениці озимій сорту Акратос на 48,9% і 21,4% відповідно, порівняно з зволоженням ґрунтів від 47,4 мм до 52,3 мм. За суми опадів та штучного зволоження ґрунтів від 256,2 мм до 272,5 мм концентрація була вищою за цинком у 1,07 раза, а за міддю нижчою у 1,15 раза в зерні ячменю озимого порівняно з рівнем зволоження ґрунтів природними опадами від 47,4 мм до 52,3 мм.

У ячменю ярого сорту Геліос за суми опадів та штучного поливу ґрунтів 2021 року концентрація свинцю була нижчою на 15,0%, кадмію – на 50%, цинку – на 13,0% та міді – на 13,4% порівняно із зволоженням ґрунтів природними опадами. В зерні ячменю цього ж сорту, вирощеного 2022 року, концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді була також нижчою на 4,2%, 6,0%, 6,4% та 19,5% відповідно за суми опадів та штучного поливу ґрунтів, порівняно з зволоженням ґрунтів природними опадами. У зерні ячменю ярого сорту Цезар за суми опадів та штучного поливу ґрунтів, порівняно з зволоженням ґрунтів природними опадами 2021 року концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді була вищою на 10,2%, 77%, 6,2% та 14,0%, тоді як 2022 року – на 13,6%, 40%, 20,96% та 12,9%.

4. У процесі вирощування пшениці озимої та за удобрення ґрунтів аміачною селітрою (N_{90}), калієм хлористим (K_{60}) і суперфосфатом простим (P_{60}) урожайність

пшениці озимої була нижчою у 1,05, 1,37 та 1,33 рази відповідно, порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$ в середньому за досліджувані роки. Урожайність зерна ячменю озимого за удобрення ґрунтів аміачною селітрою (N_{90}), калієм хлористим (K_{60}) та суперфосфатом простим (P_{60}), була нижчою у 1,2, 1,48 та 1,44 рази в середньому за досліджувані роки відповідно, порівняно з внесенням комплексного добрива $N_{90}P_{60}K_{60}$.

Вміст свинцю, цинку та міді в зерні пшениці озимої був вищим за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим (P_{60}), у 2,3 рази, 1,4 рази, 1,4 рази, і 10,7 рази калію хлористого (K_{60}) – у 1,07, 1,2 рази та 1,06 рази, аміачної селітри (N_{90}) – у 2,5 рази, 1,06 рази та 1,02 рази відповідно, порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$. У зерні ячменю озимого за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим (P_{60}) та аміачною селітрою (N_{90}) підвищувався вміст свинцю у 1,5 рази і 1,65 рази, цинку – в 1,1 рази і 1,2 рази відповідно, порівняно з варіантом комплексного удобрення $N_{90}P_{60}K_{60}$. За удобрення калієм хлористим (K_{60}) вміст у зерні ячменю, свинцю та міді знизився у 1,04 і 1,1 рази відповідно, порівняно з комплексним удобренням $N_{90}P_{60}K_{60}$. Вміст цинку в зерні ячменю озимого за удобрення ґрунтів суперфосфатом простим (P_{60}), калієм хлористим (K_{60}) та аміачною селітрою (N_{90}) був вищим у 1,1 рази, 1,68 рази, 1,2 рази порівняно з комплексним добривом $N_{90}P_{60}K_{60}$. Перевищень ГДК не спостерігалось.

5. Найвищі показники економічної ефективності були виявлені у процесі вирощування ячменю озимого за використання комплексного мінерального удобрення ґрунтів $N_{90}P_{60}K_{60}$ (аміачна селітра, суперфосфат простий, калій хлористий), де був встановлений найвищий прибуток – 30290 грн 2022 року та 34040 грн – 2023 року. Тоді як найнижчі показники спостерігалися за вирощування ячменю ярого.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Для підвищення екологічної безпеки зерна (пшениці, ячменю), вирощеного за інтенсифікації галузі рослинництва на фоні зміни клімату Лісостепу Правобережного рекомендуємо:

– на сірих лісових ґрунтах забруднених важкими металами (свинцем, кадмієм, цинком та міддю) з високим ризиком накопичення цих токсикантів у зерні злаків понад допустимі рівні віддати перевагу вирощуванню озимих сортів зернових культур (пшениці, ячменю);

– в умовах локального забруднення сірих лісових ґрунтів важкими металами де є вірогідність одержання продукції рослинництва (пшениці, ячменю) з високим вмістом цих токсикантів проводити штучне зволоження ґрунту за якою ГТК складатиме від 2,9 до 3,14.

– враховувати коефіцієнт накопичення важких металів у зерні озимих злаків пшениці, ячменю, який складає по свинцю за умови удобрення сірих лісових ґрунтів аміачною селітрою (N_{90}) – 0,37, суперфосфатом простим (P_{60}) – 0,35 калієм хлористим (K_{60}) – 0,16 та комплексним добривом $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 0,15 – для пшениці озимої та аміачною селітрою (N_{90}) – 0,22, суперфосфатом простим (P_{60}) – 0,20, калієм хлористим (K_{60}) – 0,12 та комплексним добривом $N_{90}P_{60}K_{60}$ – 0,13 для ячменю озимого.

ДОДАТКИ

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
за спеціальністю 201 Агрономія
Гусак Оксани Борисівни

№ п/п	Назва	Назва видання та його вихідні відомості, що дозволяють ідентифікувати та відрізнити це видання від інших	Кількість друківаних сторінок/д р. арк.)	Співавтори
1.	2.	3.	4.	5.
Статті в іноземному науковому фаховому виданні, що індексується в міжнародній наукометричній базі Web of Science, Scopus				
1.	Accumulation peculiarities of heavy metals in cereal crops grains of different vegetation period in conditions of the forest steppe of the right bank of Ukraine	<i>International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)</i> . 2022. Vol. 12 (3). DOI: https://doi.org/10.31407/ijeess12.3 (Web of Science) URL: https://ijeess.net/journal-85-International-Journal-of-Ecosystems-and-Ecology-Science--(IJEES)--Volume-12-3,-2022.html http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/31362.pdf	P. 43-50 0,79 (0,64)	Razanov S., Polishchuk M., Bakhmat O., Koruniak O., Symochko L., Ovcharuk I.
2.	The Influence of the Gray Forest Soil Moisture Level on the Accumulation of Pb, Cd, Zn, Cu in Spring Barley Grain	<i>Journal of Ecological Engineering</i> . 2023. Vol. 24 (7). DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/164747 (Scopus) URL: http://www.jeeng.net/Issue-7-2023,11859 http://www.jeeng.net/pdf-164747-89666?filename=The%20Influence%20of%20the%20Gray.pdf	P. 285-292 0,59 (0,51)	Razanov S., Hnativ P., Dydiv A., Bakhmat O., Stepanchenko V., Pryshchepa A., Shcherbachuk V., Mazurak O.
Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», включених до міжнародної наукометричної бази даних (Index Copernicus).				
3.	Інтенсивність накопичення важких металів у листовій масі та насінні розторопші плямистої за різного органічного удобрення	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2021. № 1(20). DOI: 10.37128/2707-5826-2021-16 URL: http://forestry.vsau.org/en/num/1-20#about	C. 211-223 0,80 (0,2)	Разанов С.Ф., Разанова А.М., Піддубна А.М.
4.	Influence of soil moisture level on the translocation of plumbum and cadmium in the grains of winter cereals	<i>Agrology</i> . 2022. № 5(4) DOI: 10.32819/021119 URL: https://agrologyjournal.com/index.php/agrology/issue/view/18	P. 122-125 0,57 (0,25)	Razanov S.F., Tkalich Y.I., Vradii O.I., Aleksieiev O.O., Verhelis V.I., Razanova A.M.
5.	Вплив рівня зволоження ґрунтів на транслокацію Zn і Cu у зерно озимих зернових культур в умовах Лісостепу правобережного	<i>Сільське господарство та лісівництво</i> . 2023. № 2 (29). DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-16 URL: http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/33702.pdf	C. 181-191 0,60 (0,6)	-

Продовження додатка А

1.	2.	3.	4.	5.
Інші видання (тези доповідей)				
6.	Вплив зміни клімату на вирощування зернових культур	<i>Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти:</i> збірник тез IV Міжнародної науково-практичної конференції, 21 квітня 2021 р. Київ. 2021. URL: https://onedrive.live.com/?authkey=%21AGBgkKu%2DNgerzuw&id=5E8999F54A87BB53%212155&cid=5E8999F54A87BB53&parId=root&parQt=sharedby&parCid=UnAuth&o=OneUp	С. 165-167 0,1 (0,05)	Разанов С.Ф.
7.	Зміна клімату, наслідки та виклики в рослинництві	<i>Модернізація і наукові дослідження в Україні та світі:</i> збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції, 14 липня 2021 р. Полтава. 2021. URL: http://www.economics.in.ua/2021/07/blog-post_24.html	С. 31-33 0,1 (0,1)	—
8.	Наслідки інтенсивного землеробства для злакових культур	<i>Соціально-економічний розвиток у контексті викликів сьогодення:</i> матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 8 жовтня 2021 р. Одеса. 2021. URL: https://researcheurope.org/wp-content/uploads/2021/10/re-08.10.21.pdf	С. 97-99 0,1 (0,1)	—
9.	Накопичення важких металів у зерні злакових культур за різного періоду вегетації в умовах зміни клімату	<i>Grundlagen der modernen wissenschaftlichen forschung. zu den materialien der II Internationalen wissenschaftlich-praktischen konferenz,</i> 12.08.2022. Zürich, Schweiz. 2022. URL: https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/lo gos/issue/view/12.08.2022/768	Р. 100-101 0,1 (0,1)	—
10.	Накопичення важких металів у зерні злакових культур в умовах правобережного Лісостепу України	<i>Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій:</i> матеріали XXIII Міжнародного науково-практичного форуму, 4-6 жовтня 2022 р. Львів. 2022. URL: file:///C:/Users/user/Downloads/Forum2022.pdf	С. 210-212 0,2 (0,1)	Дидів А.
11.	Вплив різного періоду вегетації на накопичення важких металів у зерні злакових культур в умовах зміни клімату Лісостепу правобережного	<i>Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти:</i> збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції, 15 листопада 2022 р. Київ. 2022. URL: https://nmc-vfpo.com/wp-content/uploads/2022/12/tezy-malynka-15-11-2022_compressed.pdf	С. 149-152 0,2 (0,2)	—
12.	Вплив рівня зволоження ґрунтів на інтенсивність накопичення у зерні озимих зернових культур Zn та Cu.	<i>Vin Smart Eco:</i> збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції, 18-20 травня 2023 р. Вінниця. 2023. URL: https://drive.google.com/file/d/1FHo7n6iXXkIX5FXdabdLA6FJXaKeKtEh/view	С. 231-234 0,2 (0,2)	—

Продовження додатка А

1.	2.	3.	4.	5.
13.	Вплив рівня зволоження ґрунтів на транслокацію Pb і Cd у зерно озимих зернових культур в умовах Лісостепу правобережного	<i>Екологічний стан навколишнього середовища та раціональне природокористування в контексті сталого розвитку: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, 26-27 жовтня 2023 р. Херсон. 2023.</i> URL: https://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/2023/12/mater_eco_new.pdf	C. 51-55 0,2 (0,2)	—

Всього за темою дисертаційної роботи «Якість зерна злакових культур за інтенсивного землеробства в умовах зміни клімату Лісостепу правобережного» опубліковано 13 наукових праць загальним обсягом 4,55 умовн. друк. арк. (власний доробок автора 3,25 умовн. друк. арк.), у тому числі 1,15 умовн. друк. арк. у наукометричній базі Web of Science та Scopus; 1,05 умовн. друк. арк. у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз; 1,05 умовн. друк. арк. у інших виданнях.

Автор




Оксана ГУСАК

Т.в.о. вченого секретаря



Лариса ФЕНЯК

МП

«*ll*»  2024 р.

**АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ НА НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ
КОНФЕРЕНЦІЯХ**
за спеціальністю 201 Агрономія
Гусак Оксани Борисівни

№ п\п	Тема доповіді	Назва конференції, місце, дата проведення
Апробація результатів дисертації на науково-практичних конференціях		
1.	Вплив зміни клімату на вирощування зернових культур	IV Міжнародна науково-практична конференція «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти». Київ. 21 квітня 2021 р.
2.	Дослідження основних аспектів зміни клімату: наслідки та виклики в рослинництві	Всеукраїнська науково-практична конференція «Реалізація Європейського зеленого курсу в Україні: погляд молодих учених». Вінниця. 14-15 травня 2021 р.
3.	Зміна клімату, наслідки та виклики в рослинництві	Міжнародна науково-практична конференція «Модернізація і наукові дослідження в Україні та світі». Полтава. 14 липня 2021 р.
4.	Наслідки інтенсивного землеробства для злакових культур	Міжнародна науково-практична конференція «Соціально-економічний розвиток у контексті викликів сьогодення». Одеса. 8 жовтня 2021 р.
5.	Дослідження накопичення важких металів у зерні злакових культур за різного періоду вегетації в умовах змін клімату	Всеукраїнська науково-практична конференція «Розвиток аграрної науки в умовах змін клімату та діджиталізації землеробства». Вінниця. 9-10 червня 2022 р.
6.	Накопичення важких металів у зерні злакових культур за різного періоду вегетації в умовах зміни клімату	II Internationalen wissenschaftlich-praktischen konferenz «Grundlagen der modernen wissenschaftlichen forschung». Zürich, Schweiz. 12 серпня 2022 р.
7.	Накопичення важких металів у зерні злакових культур в умовах правобережного Лісостепу України	XXIII Міжнародний науково-практичний форум «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій». Львів. 04-06 жовтня 2022 р.

Продовження додатка Б

8.	Вплив різного періоду вегетації на накопичення важких металів у зерні злакових культур в умовах зміни клімату Лісостепу Правобережного	V Міжнародна науково-практична конференція «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти». Київ. 15 листопада 2022 р.
9.	Вплив рівня зволоження ґрунтів на інтенсивність накопичення у зерні озимих зернових культур Zn та Cu	III Міжнародна науково-практична конференція «Vin Smart Eco». Вінниця. 18-20 травня 2023 р.
10.	Вплив рівня зволоження ґрунтів на транслокацію Zn і Cu у зерно озимих зернових культур в умовах Лісостепу правобережного	Всеукраїнська науково-практична конференція «Аграрна галузь України в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку». Вінниця. 24-25 травня 2023 р.
11.	Вплив рівня зволоження ґрунтів на транслокацію Pb і Cd у зерно озимих зернових культур в умовах Лісостепу правобережного	VI-а Міжнародна науково-практична конференція. «Екологічний стан навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку». Херсон. 26-27 жовтня 2023 р.

Аспірантка

Т. в. о. вченого секретаря

МП

«30» Корніївська 2024 р.



[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

Оксана ГУСАК

Лариса ФЕНЯК



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, тел. (0432) 46-00-03,
 email: office@vsaau.org, rector@vsaau.org, код ЄДРПОУ 00497236

22 травня 2023 р. № 01.1-612-536
 на № _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень
 дисертаційної роботи Гусак Оксани Борисівни
 на тему: «Якість зерна злакових культур за інтенсивного
 землеробства в умовах зміни клімату Лісостепу правобережного»

Повідомляємо, що наукові розробки Гусак Оксани Борисівни за вказаною темою дисертації мають практичну цінність, що зумовило їх впровадження у навчально-методичний процес та наукову роботу кафедри екології та охорони навколишнього середовища факультету агрономії та лісівництва.

Положення дисертаційної роботи використовується при викладанні окремих частин навчальних дисциплін «Радіобіологія», «Екологія та агроекологія».

Довідка видана Гусак О.Б. для представлення у спеціалізовану вчену раду за місцем захисту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Розглянуто та затверджено на засіданні науково-методичної комісії Вінницького національного аграрного університету від 12 травня 2023 р., протокол №7.

Ректор



Віктор МАЗУР

Вик.: Ірина РОМИГАЛЮ *[Signature]*

№ 00773



АКТ

впровадження науково-дослідної роботи у виробництво


Даним актом стверджується, що результати науково-дослідної роботи аспірантки спеціальності 201 Агронімія кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету **Гусак Оксана Борисівни** за темою: *«Якість зерна злакових культур за інтенсивного землеробства в умовах зміни клімату Лісостепу правобережного»* впроваджено у ФГ «ЗОРЯ ВАСИЛІВКИ» с. Василівка, Вінницький район, Вінницька область при вирощуванні озимої пшениці.

1. **Термін впровадження:** 2022-2023 рр.
2. **Вид впровадження:** оптимізація підвищення якості зерна озимої пшениці сорту Норіка в умовах інтенсифікації галузі рослинництва на фоні змін клімату.
3. **Характеристика масштабів впровадження:** впроваджено у фермерському господарстві «ЗОРЯ ВАСИЛІВКИ» на сірих лісових опідзолених ґрунтах площею 75 га.
4. **Новизна науково-дослідної роботи:** вперше проведено оцінку інтенсивності забруднення Cd, Zn та Cu зерна озимої пшениці залежно від періоду її вирощування.
5. **Економічний ефект впровадження:** впроваджений результат дослідження у виробництво забезпечило підвищення якості озимої пшениці, що у грошовому виразі збільшить дохід на 17,600 грн із кожного гектара.
6. **Соціальний і науково-технічний ефект:** підвищення якості зерна пшениці озимої за рахунок зниження впливу на накопичення в ній таких токсикантів, як Cd, Zn та Cu.


Вінницький національний аграрний
університет
д.с.-г.н., професор кафедри
екології та ОНС


Сергій РАЗАНОВ
«10» листопада 2023 р.

Головний агроном


Іван ПРОТОПШ
«10» листопада 2023 р.

Відповідальна за впровадження
аспірантка кафедри екології та ОНС


Оксана ГУСАК
«10» листопада 2023 р.



 Голова СФГ «ВОЛОДИМИР»
 Володимир МАЛЮТА
 « 20 » листопада 2023 р.

АКТ

впровадження науково-дослідної роботи у виробництво


Даним актом стверджується, що результати науково-дослідної роботи аспірантки спеціальності 201 Агрономія кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету **Гусак Оксани Борисівни** за темою: *«Якість зерна злакових культур за інтенсивного землеробства в умовах зміни клімату Лісостепу правобережного»* впроваджено у СФГ «ВОЛОДИМИР» с. Шершні, Вінницький район, Вінницька область при вирощуванні озимої пшениці.

1. **Термін впровадження:** 2022-2023 рр.
2. **Вид впровадження:** оптимізація заходів щодо зниження накопичення важких металів у зерні озимої пшениці сорту «Самурай» в умовах інтенсифікації галузі рослинництва на фоні змін клімату.
3. **Характеристика масштабів впровадження:** впроваджено у селянському фермерському господарстві «ВОЛОДИМИР» на сірих лісових опідзолених ґрунтах площею 92 га.
4. **Новизна науково-дослідної роботи:** вперше проведено оцінку якості зерна озимої пшениці, зокрема накопичення в ній важких металів Cd, Zn та Cu залежно від терміну її вирощування.
5. **Економічний ефект впровадження:** впровадження у виробництво результатів досліджень по зниженню концентрації важких металів у зерні озимої пшениці збільшило дохід на 17,600 грн із кожного гектара.
6. **Соціальний і науково-технічний ефект:** підвищення якості зерна озимої пшениці за рахунок зниження впливу в ній таких токсикантів, як Cd, Zn та Cu.

Вінницький національний аграрний
 університет
 д.с.-г.н., професор кафедри
 екології та ОНС

 Сергій РАЗАНОВ
 « 20 » листопада 2023 р.

Головний агроном

 Віктор ЛАВРИК
 « 20 » листопада 2023 р.

Відповідальна за впровадження
 аспірантка кафедри екології та ОНС

 Оксана ГУСАК
 « 20 » листопада 2023 р.



Голова ФГ «ПРО-ХАРВЕСТ»

Іванна ОВЧАРУК

« 10 » 2023 р.

впровадження науково-дослідної роботи у виробництво

Даним актом стверджується, що результати науково-дослідної роботи аспірантки спеціальності 201 Агроніомія кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету **Гусак Оксани Борисівни** за темою: *«Якість зерна злакових культур за інтенсивного землеробства в умовах зміни клімату Лісостепу правобережного»* впроваджено у ФГ «ПРО-ХАРВЕСТ» с. Іванківці, Вінницький район, Вінницька область при вирощуванні озимої пшениці.

1. **Термін впровадження:** 2022-2023 рр.
2. **Вид впровадження:** оптимізація підвищення якості зерна озимих злаків сорту «Скаген» в умовах інтенсифікації галузі рослинництва на фоні змін клімату.
3. **Характеристика масштабів впровадження:** впроваджено у фермерському господарстві «ПРО-ХАРВЕСТ» на сірих лісових опідзолених ґрунтах площею 47 га.
4. **Новизна науково-дослідної роботи:** вперше проведено оцінку інтенсивності забруднення зерна озимої пшениці важкими металами Cd, Zn та Cu, залежно від тривалості вегетаційного періоду.
5. **Економічний ефект впровадження:** впровадження результатів дослідження у виробництво забезпечила підвищення якості озимої пшениці, що у грошовому виразі збільшить дохід на 19,500 грн із кожного гектара.
6. **Соціальний і науково-технічний ефект:** підвищення якості зерна озимої пшениці за рахунок зниження накопичення в ньому Cd, Zn та Cu.

Вінницький національний аграрний
університет

д.с.-г.н., професор кафедри
екології та ОНС

С. РАЗАНОВ
Сергій РАЗАНОВ
« 30 » 10 2023 р.

Головний агроном

І. ПРОТОПШ
Іван ПРОТОПШ
« 30 » 10 2023 р.

Відповідальна за впровадження
аспірантка кафедри екології та ОНС

О. ГУСАК
Оксана ГУСАК
« 30 » 10 2023 р.

Розрахунок гідротермічних погодних умов вегетаційного періоду Вінницької області за досліджувані 2020-2023 роки

Рік	місяць	t°C		Опади	
		Сума температур подекадно	Середні місячні температури	Сума опадів подекадно та за місяць, мм	Сума опадів за вегетаційний період, мм
2020-2021	Вересень	19,4+16,7+15,8=51,9	17,3	8+0,4+38=46,4	673,4
	Жовтень	15,8+10,8+10,1=36,7	12,2	52+21+2=75	
	Листопад	6,3+2,8+1,5=10,6	-3,5	15+8+4=27	
	Грудень	-2,6+0,4+1,6=-0,6	-0,2	8+14+16=38	
	Січень	1,5+-8,5+-0,5=-2,5	-0,8	30+15+18=63	
	Лютий	-4,3+-8,6+2,6=-10,3	-3,4	40+15+3=58	
	Березень	-0,3+1,3+3,4=4,4	1,4	15+24+24=63	
	Квітень	5,3+7,8+7,8=20,9	6,9	5+14+14=33	
	Травень	11,9+13,9+14,5=40,3	13,4	9+43+48=100	
	Червень	15,9+19+23=57,9	19,3	10+41+32=83	
	Липень	21,5+24,3+21,6=67,4	22,4	0+5+30=35	
	Серпень	20,8+20+17,1=57,9	19,3	19+9+24=52	
2021-2022	Вересень	13,7+15,5+9,2=38,4	12,8	0,4+5+16=21,4	373,5
	Жовтень	7,2+6,9+7,6=21,7	7,2	0+2+0=2	
	Листопад	6,8+3,4+4,1=14,3	4,7	5+4+4=9	
	Грудень	0,2+1,8+-6,4=-4,4	-1,4	17+29+13=59	
	Січень	1,8+-3,2+-2,8=-4,2	-1,4	12+6+15=33	
	Лютий	-0,1+1,7+2,9=4,5	1,5	11+1+1=13	
	Березень	-1,6+-0,9+7,8=5,3	1,7	12+0+2=14	
	Квітень	7,8+6,5+10,4=24,7	8,2	8+1+36=45	
	Травень	12,9+15,3+15,6=43,8	14,6	0,1+0,5+34=34,6	
	Червень	19,6+19,4+20,8=59,8	20	9+8+13=30	
	Липень	21,5+17,7+20,9=60,1	20	13+28+6=47	
	Серпень	19,8+20,4+22,1=62,3	20,7	14+51+0,5=65,5	
2022-2023	Вересень	14,0+12,8+11,4=38,2	12,7	14+57+12=83	559,39
	Жовтень	11,6+8,8+10,3=30,7	10,2	12+0,9+8=20,09	
	Листопад	7,9+4,0+0,3=12,2	4	2+23+37=62	
	Грудень	-1,5+-0,6+1,6=-0,5	-0,1	8+18+5=31	
	Січень	2,0+1,2+-0,4=2,0	0,9	10+3+6=19	
	Лютий	-3,1+20,+2,2=1,1	0,3	11+11+20=42	
	Березень	3,1+4,9+7,8=15,8	5,2	2+9+25=36	
	Квітень	6,1+9,4+9,9=25,4	8,4	55+30+7=92	
	Травень	11,4+16,2+18,2=45,8	15,2	3+0+0,3=3,3	
	Червень	18,5+18,8+20,5=57,8	19,2	10+43+22=75	
Липень	21,5+21,7+20,7=63,9	21,3	36+3+25=64		
Серпень	21,7+22,5+23,9=68,1	22,7	17+0+15=32		

Розрахунок річних гідротермічних погодних умов Вінницької області за досліджувані 2020-2023 роки

	2020			2021			2022			2023		
	t°C	опад и	t°C	опад и	t°C	опад и	t°C	опад и	t°C	опад и		
січень			1,5	-2,5	30	1,8	-1,4	12	2,0	0,9	10	
			-8,5		15	-3,2		6	1,2		3	
			-0,5		18	-2,8		15	-0,4		6	
лютий			-4,3	-3,4	40	-0,1	1,5	11	-3,1	0,3	11	
			-8,6		15	1,7		1	2,0		11	
			2,6		3	2,9		1	2,2		20	
березень			-0,3	1,4	15	-1,6	1,76	12	3,1	5,2	2	
			1,3		24	-0,9		0	4,9		9	
			3,4		24	7,8		2	7,8		25	
квітень			5,3	6,9	5	7,8	8,2	8	6,1	8,4	55	
			7,8		14	6,5		1	9,4		30	
			7,8		14	10,4		36	9,9		7	
травень			11,9	13,4	9	12,9	14,6	0,1	11,4	15,2	3	
			13,9		43	15,3		0,5	16,2		0	
			14,5		48	15,6		34	18,2		0,3	
червень			15,9	19,3	10	19,6	20	9	18,5	19,2	10	
			19,0		41	19,4		8	18,8		43	
			23		32	20,8		13	20,5		22	
липень			21,5	22,4	0	21,5	20	13	21,5	21,3	36	
			24,3		5	17,7		28	21,7		3	
			21,6		30	20,9		6	20,7		25	
серпень			20,8	19,3	19	19,8	20,7	14	21,7	22,7	17	
			20,0		9	20,4		51	22,5		0	
			17,1		24	22,1		0,5	23,9		15	
вересень	19,4	17,3	8	13,7	12,8	0,4	14,0	12,7	14	17,1	17,8	28
	16,7		0,4	15,5		5	12,8		57	17,9		3
	15,8		38	9,2		16	11,4		12	18,4		2
жовтень	15,8	12,2	52	7,2	7,2	0	11,6	10,2	12	11	11,4	3
	10,8		21	6,9		2	8,8		0,9	9,5		20
	10,1		2	7,6		0	10,3		8	13,7		11
листопад	6,3	3,5	15	6,8	4,7	5	7,9	4	2	9,9	4,4	37
	2,8		8	3,4		4	4,0		23	4,2		10
	1,5		4	4,1		4	0,3		37	-0,9		11
грудень	-2,6	-0,2	8	0,2	-1,4	17	-1,5	-0,1	8	-2,0	1	17
	0,4		14	1,8		29	-0,6		18	1,7		22
	1,6		16	-6,4		13	1,6		5	3,4		15
			8,34	582,4	9,34	479	10,7	542,3				



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
 «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
 (ДУ «Держґрунтохорона»)

ВІННИЦЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»

вул. Мічурина, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227
 тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38;

E-mail: vinnitsa@iogu.gov.ua, сайт: www.iogu.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Від 29.09.2020

1. Найменування продукції і НД: Зернова продукція

2. Замовник, адреса: Гусак О.Б., ВНАУ, м. Вінниця

3. Дата проведення випробувань (початок - кінець): 19.09.2020 р.- 29.09.2020 р.

Шифр зразка	Найменування продукції	Свинець, мг/кг (ГОСТ 30178-96)				Кадмій, мг/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Повторності									
Д1	Пшениця	0,163	0,159	0,157	0,161	0,100	0,102	0,103	0,103
Д2		0,271	0,267	0,265	0,273	0,155	0,157	0,158	0,160
Д3		0,372	0,370	0,369	0,375	0,122	0,123	0,122	0,124
Д4	Ячмінь	0,182	0,180	0,178	0,180	0,102	0,098	0,100	0,101
Д5		0,232	0,230	0,228	0,227	0,137	0,135	0,134	0,133
Д6		0,292	0,289	0,288	0,290	0,115	0,116	0,114	0,118
Шифр зразка	Найменування продукції	Цинк, мг/кг (ГОСТ 30178-96)				Мідь, мг/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Повторності									
Д1	Пшениця	8,14	8,16	8,18	8,15	3,15	3,18	3,22	3,19
Д2		9,14	9,12	9,1	9,14	6,27	6,24	6,21	6,25
Д3		9,86	9,89	9,92	9,90	9,48	9,60	9,70	9,65
Д4	Ячмінь	5,26	5,29	5,32	5,28	2,36	2,50	2,64	2,52
Д5		12,9	12,6	12,3	12,5	8,33	8,38	8,42	8,41
Д6		13,98	14,1	14,22	13,99	9,63	9,65	9,69	9,62

Додаткові відомості:

-повне або часткове передрукування без дозволу забороняється;

-зразок відібраний за згодою замовником;

-отосуеться тільки зразку дданого випробуванням

М.П.

Відповідальний за формування протоколу
 Лабораторних випробувань

Виконавці

Гавриш
(підпис)

Заволока Т.І.
(підпис)

Гавриш
(підпис)

Заволока Т.І.
(підпис)



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
 «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
 (ДУ «Держґрунтохорона»)

ВІННИЦЬКА ФЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»

вул. Мічуріна, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227

тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38;

E-mail: vinnitsa@iogu.gov.ua, сайт: www.iogu.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Від 23.08.2021

1. Найменування продукції і НД: Зернова продукція

2. Замовник, адреса: Гусак О.Б., ВНАУ, м. Вінниця

3. Дата проведення випробувань (початок - кінець): 23.08.2021 р.- 28.08.2021 р.

Шифр зразка	Найменування продукції	Свинець, мг/кг (ГОСТ 30178-96)				Кадмій, мг/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Повторності									
Д1	Ячмінь	0,868	0,871	0,873	0,872	0,075	0,079	0,082	0,081
Д2		0,600	0,603	0,604	0,607	0,080	0,084	0,086	0,085
Д3	Пшениця	0,409	0,411	0,413	0,410	0,065	0,068	0,072	0,070
Д4		0,269	0,273	0,276	0,274	0,050	0,053	0,056	0,055
Д5	Ячмінь	0,41	0,40	0,39	0,42	0,05	0,06	0,07	0,06
Д6		0,43	0,46	0,45	0,49	0,08	0,09	0,1	0,08
Д7		0,47	0,49	0,51	0,50	0,03	0,04	0,05	0,04
Д8		0,52	0,54	0,56	0,55	0,07	0,08	0,07	0,09
Шифр зразка	Найменування продукції	Цинк, мг/кг (ГОСТ 30178-96)				Мідь, мг/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Повторності									
Д1	Ячмінь	22,7	23,1	23,6	22,9	5,80	5,87	5,90	5,93
Д2		24,5	24,8	25,0	24,9	4,52	4,56	4,58	4,57
Д3	Пшениця	22,6	22,9	23,2	23,0	6,32	6,35	6,38	6,37
Д4		25,2	25,4	25,6	25,5	4,85	4,89	4,93	4,91
Д5	Ячмінь	21,38	21,32	21,29	21,30	5,02	5,04	5,06	5,03
Д6		24,08	24,11	24,18	24,06	5,69	5,72	5,74	5,73
Д7		23,15	23,17	23,20	23,16	5,05	5,08	5,10	5,07
Д8		26,62	26,74	26,82	26,78	5,74	5,79	5,83	5,8

Додаткові відомості:

- повне або часткове передрукування без дозволу забороняється;
- зразок зберігати в вказаній замовником;
- стоїть зберігати зразок, індивідуального випробуванням



Відповідальний за формування протоколу
 Лабораторних випробувань

Виконавці

Гулак
 (підпис)

Заволока Т.І.
 (ПІБ)

Гулак
 (підпис)

Заволока Т.І.
 (ПІБ)
 Строчина 1



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
 «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
 (ДУ «Держґрунтохорона»)
ВІННИЦЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»
 вул. Мічуріна, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227
 тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38;
 E-mail: vinnitsa@iogu.gov.ua, сайт: www.iogu.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Від 19.09.2021

1. Найменування продукції і НД: Ґрунт (2020-2021 рр.)

2. Замовник, адреса: Гусак О.Б., ВНАУ, м. Вінниця

3. Дата проведення випробувань (початок - кінець): 19.09.2021 р.- 29.09.2021 р.

Шифр зразка	Найменування продукції	Свинець, мг/кг (ГОСТ 30178-96)				Кадмій, мг/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Повторності									
Д1	Ґрунт	1,38	1,40	1,45	1,39	0,19	0,21	0,23	0,20
Д2		0,93	0,99	1,05	0,98	0,11	0,13	0,15	0,12
Д3		1,57	1,56	1,58	1,53	0,14	0,17	0,21	0,16
Д4		1,03	1,09	1,12	1,14	0,15	0,18	0,22	0,19
Шифр зразка	Найменування продукції	Цинк, мг/кг (ГОСТ 30178-96)				Мідь, мг/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Повторності									
Д1	Ґрунт	1,21	1,18	1,16	1,19	0,39	0,42	0,45	0,41
Д2		1,53	1,56	1,59	1,55	0,37	0,41	0,43	0,42
Д3		1,22	1,24	1,27	1,25	0,43	0,46	0,47	0,50
Д4		1,65	1,62	1,61	1,59	0,44	0,46	0,48	0,45

Додаткові відомості:

-повне або часткове передрукування без дозволу забороняється;

-зразок відібраний та наданий замовником;

-стоюється тільки зразку, підданого випробуванням



Виконавці

Гусак О.Б.
(підпис)

Заволока Т.І.
(ПІБ)

Відповідальний за формування протоколу
Лабораторних випробувань

Гусак О.Б.
(підпис)

Заволока Т.І.
(ПІБ)



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
 «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
 (ДУ «Держґрунтохорона»)

ВІННИЦЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»

вул. Мічуріна, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227
 тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38;

E-mail: vinnitsa@iogu.gov.ua, сайт: www.iogu.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Від 22.04.2021

1. Найменування продукції і НД: Вода питна

2. Замовник, адреса: Гусак О.Б., ВНАУ, м. Вінниця

3. Дата проведення випробувань (початок - кінець): 22.04.2021 р.- 28.04.2021 р.

Шифр зразка	Найменування продукції	Свинець, мг/дм ³ (ГОСТ 30178-96)				Кадмій, мг/дм ³ (ГОСТ 30178-96)			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Повторності									
Д1	Вода питна	0,0008	0,0009	0,0009	0,0008	0,001	0,001	0,001	0,001
Шифр зразка	Найменування продукції	Цинк, мг/дм ³ (ГОСТ 30178-96)				Мідь, мг/дм ³ (ГОСТ 30178-96)			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Повторності									
Д1	Вода питна	0,03	0,04	0,05	0,04	0,001	0,002	0,003	0,002

Додаткові відомості:

- повне або часткове передруккування без дозволу забороняється;
- зразок відібраний та наданий замовником;
- стоюється тільки зразку, підданого випробуванням



Відповідальний за формування протоколу
 Лабораторник випробувань

Виконавці

Гусак
 (підпис)

Заволока Г.І.
 (ПІБ)

Гусак
 (підпис)

Заволока Г.І.
 (ПІБ)



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
 «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
 (ДУ «Держґрунтохорона»)

ВІННИЦЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»

вул. Мічуріна, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227
 тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38;

E-mail: yinnitsa@iogu.gov.ua, сайт www.iogu.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Від 29.09.2021

1. Найменування продукції і НД: Зернова продукція

2. Замовник, адреса: Гусак О.Б., ВНАУ, м. Вінниця

3. Дата проведення випробувань (початок - кінець): 19.09.2021 р. - 29.09.2021 р.

Шифр зразка	Найменування продукції	Свинень, мг/кг (ГОСТ 30178-96)				Кадмій, мг/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Повторності									
Д1	Пшениця	0,58	0,61	0,64	0,63	0,102	0,100	0,101	0,100
Д2		0,267	0,270	0,273	0,272	0,151	0,153	0,156	0,154
Д3		0,364	0,365	0,368	0,365	0,123	0,127	0,132	0,129
Д4	Ячмінь	0,173	0,176	0,179	0,177	0,102	0,103	0,105	0,101
Д5		0,275	0,278	0,280	0,279	0,139	0,143	0,145	0,144
Д6		0,290	0,296	0,303	0,294	0,120	0,122	0,123	0,124
Шифр зразка	Найменування продукції	Цинк, мг/кг (ГОСТ 30178-96)				Мідь, мг/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Повторності									
Д1	Пшениця	8,19	8,24	8,27	8,25	3,21	3,24	3,27	3,23
Д2		9,35	9,37	9,39	9,36	5,34	5,37	5,39	5,37
Д3		10,39	10,43	10,48	10,42	9,97	9,98	9,96	9,99
Д4	Ячмінь	5,39	5,42	5,46	5,43	2,40	2,43	2,46	2,42
Д5		13,0	13,3	13,5	13,3	8,50	8,54	8,56	8,57
Д6		14,6	14,7	14,9	14,5	9,75	9,78	9,82	9,80

Додаткові відомості:

-повне або часткове передрукування без дозволу забороняється;

-зразок відібраний за наказом замовником;

-стосується тільки зразку, підданого випробуванню

М.П.



Відповідальний за формування протоколу
 Лабораторних випробувань

Виконавці

Заволока Т.І. Явчук
 (підпис) (ПІБ)

Заволока Т.І. Явчук
 (підпис) (ПІБ)

Сторінок 1

Сторінка 1



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
 «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
 (ДУ «Держґрунтохорона»)

ВІННИЦЬКА ФЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»

вул. Мічуріна, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227
 тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38

E-mail: vinnitsa@iogu.gov.ua, сайт: www.iogu.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

від 24.04.2022 р.

1. Найменування продукції і НД: Вода питна

2. Замовник, адреса: Гусак О.Б., ВНАУ, м. Вінниця

3. Дата проведення випробувань (початок – кінець): 19.04.2022 р. - 24.04.2022 р.

Шифр зразка	Найменування продукції	Свинець, мг/дм ³ (ГОСТ 30178-96)				Кадмій, мг/дм ³ (ГОСТ 30178-96)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Вода питна	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Шифр зразка	Найменування продукції	Цинк, мг/дм ³ (ГОСТ 30178-96)				Мідь, мг/дм ³ (ГОСТ 30178-96)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Вода питна	0,050	0,049	0,050	0,049	0,0031	0,0030	0,0032	0,0030

Додаткові відомості:

- повне або часткове передрукування без дозволу забороняється;
- зразок відібраний та наданий замовником;
- стосується тільки зразку, підданого випробуванню.

М.П.

Виконавці:

Ваша
(підпис)

Заворожко Т.І.
(підпис)

Відповідальний за формування протоколу лабораторних випробувань

Ваша
(підпис)

Заворожко Т.І.
(підпис)



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
 «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
 (ДУ «Держґрунтохорона»)

ВІННИЦЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»

вул. Мічуріна, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227
 тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38;

E-mail: yinnitsa@iogu.gov.ua, сайт: www.iogu.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Від 23.08.2022

1. Найменування продукції і НД: Зернова продукція

2. Замовник, адреса: Гусак О.Б., ВНАУ, м. Вінниця

3. Дата проведення випробувань (початок - кінець): 23.08.2022 р.- 28.08.2022 р.

Шифр зразка	Найменування продукції	Свинець, мг/кг (ГОСТ 30178-96)				Цинк, мг/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Повторності									
Д1	Пшениця	0,156	0,159	0,162	0,160	7,52	7,56	7,58	7,57
Д2		0,367	0,369	0,370	0,368	10,81	10,83	10,82	10,86
Д3		0,165	0,169	0,172	0,170	9,12	9,15	9,19	9,17
Д4		0,394	0,396	0,399	0,396	8,13	8,09	8,05	8,09
Д5	Ячмінь	0,169	0,174	0,177	0,175	5,78	5,83	5,86	5,84
Д6		0,259	0,263	0,267	0,265	6,79	6,81	6,85	6,80
Д7		0,162	0,165	0,167	0,166	6,41	6,45	6,49	6,46
Д8		0,283	0,285	0,287	0,286	7,39	7,42	7,45	7,44
Шифр зразка	Найменування продукції	Мідь, мг/кг (ГОСТ 30178-96)							
		1.	2.	3.	4.				
Повторності									
Д1	Пшениця	2,39	2,43	2,45	2,47				
Д2		2,56	2,59	2,59	2,65				
Д3		2,60	2,65	2,69	2,67				
Д4		2,45	2,50	2,55	2,52				
Д5	Ячмінь	1,64	1,70	1,76	1,72				
Д6		1,49	1,55	1,61	1,58				
Д7		1,48	1,52	1,55	1,54				
Д8		1,78	1,81	1,83	1,82				

Додаткові відомості:

-повне або часткове передрукування без дозволу забороняється;

-зразок відібраний та наданий замовником;

-стоєність зразка згідно з умовами випробуванням

М.П.

Відповідальний за формування протоколу
 Лабораторії випробувань

Сторінка

Виконавці

Заволока Т.І.
 (підпис)

Заволока Т.І.
 (підпис)

Заволока Т.І.
 (ПІБ)

Заволока Т.І.
 (ПІБ)

Сторінка 1



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
 «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
 (ДУ «Держґрунтохорона»)

ВІННИЦЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»

вул. Мічуріна, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227
 тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38

E-mail: vinnitsa@iogu.gov.ua, сайт: www.iogu.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

від 29.09.2022 р.

1. Найменування продукції і НД: Зернова продукція
 2. Замовник, адреса: Гусак О.Б., ВНАУ, м. Вінниця
 3. Дата проведення випробувань (початок – кінець): 19.09.2022 р. -29.09.2022 р.

Шифр зразка	Найменування продукції	Свинець, мг/кг (ГОСТ 30178-96)				Кадмій, мг/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1	2	3	3	1	2	3	4
Повторності									
Д1	ячмінь	0,951	0,954	0,952	0,951	0,101	0,099	0,102	0,102
Д2		0,643	0,646	0,647	0,644	0,077	0,074	0,076	0,078
Д3	пшениця	0,411	0,414	0,412	0,411	0,075	0,070	0,074	0,069
Д4		0,238	0,237	0,239	0,238	0,058	0,055	0,057	0,059
Д5	ячмінь	0,469	0,470	0,473	0,468	0,040	0,050	0,060	0,050
Д6		0,468	0,472	0,470	0,469	0,070	0,090	0,080	0,070
Д7		0,400	0,415	0,414	0,410	0,050	0,040	0,050	0,060
Д8		0,490	0,500	0,510	0,500	0,060	0,080	0,070	0,070
Шифр зразка	Найменування продукції	Цинк, мг/кг (ГОСТ 30178-96)				Мідь, мг/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1	2	3	3	1	2	3	4
Повторності									
Д1	ячмінь	23,90	24,60	24,50	24,90	6,10	6,05	6,15	6,10
Д2		26,20	26,10	26,40	26,10	5,76	5,85	5,94	5,85
Д3	пшениця	22,95	22,90	23,00	23,20	6,15	6,14	6,17	6,15
Д4		26,80	27,10	27,10	27,30	5,95	5,90	6,00	5,97
Д5	ячмінь	26,20	26,23	26,26	26,35	4,61	4,68	4,65	4,66
Д6		27,86	27,94	27,96	28,10	5,50	5,56	5,63	5,54
Д7		21,25	21,39	21,33	21,36	4,83	4,90	4,87	4,89
Д8		25,69	25,85	25,80	25,86	5,33	5,47	5,50	5,48

Додаткові відомості:
 - повне або часткове переларування без дозволу забороняється;
 - зразок відібраний та наданий замовником;
 - є присутня тільки зразку, наданого випробуванням.

М.П.



Виконавці:

Ваша
(підпис)

Заволока Т.І.
(підпис)

Відповідальний за формування протоколу лабораторних випробувань

Ваша
(підпис)

Заволока Т.І.
(підпис)



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
 «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
 (ДУ «Держґрунтохорона»)

ВІННИЦЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»

вул. Мічуріна, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227
 тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38

E-mail: vinnitsa@iogu.gov.ua, сайт: www.iogu.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

від 29.09.2022 р.

1. Найменування продукції і НД: Зернова продукція
2. Замовник, адреса: Гусак О.Б., ВНАУ, м. Вінниця
3. Дата проведення випробувань (початок – кінець): 19.09.2022 р. -29.09.2022 р.

Показник	НД на метод випробування	Назва та шифр зразка							
		зерно пшениці		зерно ячменю					
		Д3	Д4	Д1	Д2	Д5	Д6	Д7	Д8
Вологість, %	ГОСТ 13586.5-93	14,8	14,5	13,0	13,2	14,0	14,0	14,3	14,5
N в натуральній речовині, %	ГОСТ 10846-91	1,64	1,73	1,49	1,35	1,44	1,44	1,31	1,36
N в перерах. на суху речовину, %		1,92	2,02	1,71	1,56	1,67	1,67	1,53	1,59

Додаткові відомості:

- повне або часткове передруккування без дозволу забороняється;
- зразок вибраний та наданий замовником;
- стосується тільки зразку, підданого випробуванням.

М.П.



Виконавці:

Заволока Т.І.
(підпис)

Заволока Т.І.
(підпис)

Відповідальний за формування протоколу лабораторних випробувань

Заволока Т.І.
(підпис)

Заволока Т.І.
(підпис)



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
 «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
 (ДУ «Держґрунтохорона»)
ВІННИЦЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»
 вул. Мічуріна, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227
 тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38;
 E-mail: vinnitsa@iogu.gov.ua, сайт: www.iogu.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Від 25.09.2022

1. Найменування продукції і НД: Ґрунт (2021-2022 рр.)

2. Замовник, адреса: Гусак О.Б., ВНАУ, м. Вінниця

3. Дата проведення випробувань (початок - кінець): 25.09.2022 р. - 30.09.2022 р.

Шифр зразка	Найменування продукції	Свинець, мґ/кг (ГОСТ 30178-96)				Кадмій, мґ/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Повторності									
Д1	Ґрунт	1,31	1,32	1,35	1,29	0,060	0,064	0,066	0,067
Д2		1,38	1,34	1,30	1,33	0,34	0,31	0,32	0,30
Д3		1,36	1,34	1,31	1,35	0,060	0,062	0,063	0,064
Д4		1,28	1,27	1,25	1,28	0,26	0,28	0,30	0,29
Шифр зразка	Найменування продукції	Цинк, мґ/кг (ГОСТ 30178-96)				Мідь, мґ/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Повторності									
Д1	Ґрунт	0,57	0,59	0,62	0,60	0,33	0,36	0,39	0,37
Д2		0,69	0,71	0,74	0,70	0,28	0,30	0,30	0,32
Д3		0,59	0,61	0,63	0,64	0,33	0,32	0,34	0,32
Д4		0,65	0,64	0,61	0,66	0,32	0,33	0,35	0,33

Додаткові відомості:

- повне або часткове передрукування без дозволу забороняється;
- зразок відібраний та наданий замовником;
- стосується тільки зразку, підданого випробуванню

Відповідальний за формування протоколу
Лабораторних випробувань

Виконавці:

Гусак
(підпис)

Заволока Т.І.
(ПІБ)

Гусак
(підпис)

Заволока Т.І.
(ПІБ)



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
 «ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»
 (ДУ «Держґрунтохорона»)

ВІННИЦЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»

вул. Мічурина, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227
 тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38;

E-mail: yinnitsa@iogu.gov.ua, сайт: www.iogu.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Від 27.09.2023

1. Найменування продукції і НД: Ґрунт (2022-2023 рр.)

2. Замовник, адреса: Гусак О.Б., ВНАУ, м. Вінниця

3. Дата проведення випробувань (початок - кінець): 27.09.2023 р.- 30.09.2023 р.

Шифр зразка	Найменування продукції	Свинець, мг/кг (ГОСТ 30178-96)				Цинк, мг/кг (ГОСТ 30178-96)			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
Повторності									
Д1	Ґрунт	1,04	1,06	1,08	1,05	1,2	1,3	1,5	1,2
Д2		1,3	1,4	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	1,6
Д3		1,08	1,07	1,09	1,03	1,1	1,2	1,4	1,2
Д4		1,1	1,3	1,5	1,2	1,4	1,5	1,7	1,3
Шифр зразка	Найменування продукції	Мідь, мг/кг (ГОСТ 30178-96)							
		1	2	3	4				
Повторності									
Д1	Ґрунт	0,3	0,4	0,6	0,3				
Д2		0,4	0,5	0,7	0,4				
Д3		0,3	0,4	0,6	0,3				
Д4		0,8	0,9	1,0	0,8				

Додаткові відомості:

- повне або часткове передрукування без дозволу забороняється;
- зразок відібраний та наданий замовником;
- стосується тільки зразку, підданого випробуванню



Відповідальний за формування протоколу
 Лабораторних випробувань

Виконавці

Вашук
 (підпис)

Заволока Т.Т.
 (ПШ)

Вашук
 (підпис)

Заволока Т.Т.
 (ПШ)



МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА

«ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ»

(ДУ «Держґрунтохорона»)

ВІННИЦЬКА ФІЛІЯ ДУ «Держґрунтохорона»

вул. Мічуріна, 3, с. Агрономічне, Вінницький район, Вінницька область, 23227

тел.: (0432) 58-42-41, факс: (0432) 58-42-38;

E-mail: yinnitsa@iogu.gov.ua, сайт: www.iogu.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 38517156

РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ

Від 20.09.2023

1. Найменування продукції і НД: Зернова продукція

2. Замовник, адреса: Гусак О.Б., ВНАУ, м. Вінниця

3. Дата проведення випробувань (початок - кінець): 20.09.2023 р.- 28.09.2023 р.

Шифр зразка	Найменування продукції	Свинець, мг/кг (ГОСТ 30178-96)				Цинк, мг/кг (ГОСТ 30178-96)			
		5.	6.	7.	8.	5.	6.	7.	8.
Повторності									
Д1	Пшениця	0,157	0,160	0,163	0,162	7,58	7,60	7,64	7,61
Д2		0,368	0,373	0,375	0,377	10,85	10,89	10,93	10,91
Д3		0,169	0,173	0,176	0,177	9,14	9,20	9,25	9,23
Д4		0,388	0,399	0,405	0,403	7,99	8,03	8,07	8,02
Д5	Ячмінь	0,173	0,176	0,179	0,175	5,99	6,2	6,5	6,2
Д6		0,269	0,271	0,275	0,270	6,58	6,61	6,64	6,60
Д7		0,166	0,170	0,175	0,169	6,52	6,56	6,58	6,55
Д8		0,289	0,293	0,295	0,296	7,43	7,48	7,52	7,50
Мідь, мг/кг (ГОСТ 30178-96)									
Повторності									
Д1	Пшениця	2,43	2,47	2,52	2,48				
Д2		2,65	2,68	2,72	2,69				
Д3		2,53	2,58	2,63	2,60				
Д4		2,50	2,54	2,59	2,53				
Д5	Ячмінь	1,69	1,74	1,79	1,73				
Д6		1,59	1,64	1,69	1,63				
Д7		1,56	1,58	1,62	1,59				
Д8		1,86	1,88	1,92	1,85				

Додаткові відомості:

-повне або часткове передрукування без дозволу забороняється;

-зразок відібраний та наданий замовником;

-стосується тільки результату підданого випробуванням

М.П.

Відповідальний за формування протоколу
Лабораторних випробувань

Сторінка 1

Виконавці

Вашу
(підпис)

Вашу
(підпис)

Заволока Т.Т.
(ПІБ)

Заволока Т.Т.
(ПІБ)

Сторінка 1

Agrostat		Однофакторний дослід закладений методом рендомізованих блоків														
Головне меню		Назва дослід: Пшениця озима 2021 рік														
Допомога																
Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, кількість варіантів (k) та повторень (n), табличні значення F і t		к (кількість варіантів)	=	2	Одиниці виміру:	т/га	Рік (роки):	2021								
		п (кількість повторень)	=	4	Результати дисперсійного аналізу											
Номери варіантів (k)	Назва (умовні позначення) варіантів	Повторення (n)						Сума V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
		I	II	III	IV	V	VI							факт.	теор.	
1		6,00	5,80	6,20	6,40		24,40	6,10	Загальне	0,72	7	-	-	-	-	
2		6,70	6,50	6,80	6,00		26,40	6,60	Повторень	0,13	3	-	-	-	-	
3							0,00		Варіантів	0,50	1	0,50	16,67	8,89	-	
4							0,00		Помилка	0,09	3	0,03	-	-	3,182	
5							0,00		$HP_{05} = t_{05} \cdot sd =$		3,182	0,122	=	0,390	т/га	
6							0,00		Висновок: В досліді є істотні відмінності!							
7							0,00		<p>Частка впливу</p> <p>Залишкове 31%</p> <p>Досліджуваний фактор 69%</p>							
8							0,00									
9							0,00									
10							0,00									
11							0,00									
12							0,00									
13							0,00									
14							0,00									
15							0,00									
16							0,00									
17							0,00									
18							0,00									
19							0,00									
20							0,00									

Суми P	12,70	12,30	12,80	13,00	0,00	0,00	$\Sigma X =$	$\bar{x}_0 =$	
							50,80	6,35	
1. Загальне число спостережень:	$N =$	I (варіантів) \cdot		n (повторень)					
	$N =$	2	•	4	=	8			
2. Коригуючий фактор:	$C = (X^2) : N =$	2581	:	8	=	322,6			
3. Суми квадратів:									
3.1. Загальне:	$Cy = \Sigma X^2 - C =$	323,3	-	323	=	0,72			
3.2. Повторень:	$Cp = \Sigma P^2 : I - C =$	645,4	:	2	-	322,6	=	0,13	
3.3. Варіантів:	$Cv = \Sigma V^2 : n - C =$	1292,3	:	4	-	322,6	=	0,50	
3.4. Залишкове:	$Cz = Cy - Cp - Cv =$	0,72	-	0,13	-	0,50	=	0,09	
4. Оцінка істотності часткових різниць:									
	$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} =$	$\sqrt{\frac{2 \cdot 0,03}{4}} =$	0,122	т/га					
	$HP_{05} = t_{05} \cdot sd =$	3,182	•	0,122	=	0,390	т/га		
5. Оцінка частки впливу:									
Частка впливу, %:									
	Досліджуваний фактор	69							
	Залишкове	31							

Додаток Е 2

Agrostat		Однофакторний дослід закладений методом рендомізованих блоків														
Головне меню		Назва досліджу: <i>Пшениця озима 2022 рік</i>														
Допомога																
Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, кількість варіантів (ℓ) та повторень (n), табличні значення F i t				ℓ (кількість варіантів)	=	2	Одиниці виміру:	t/га	Рік (роки):	2022						
				n (кількість повторень)	=	4	Результати дисперсійного аналізу									
Номери варіантів (ℓ)	Назва (умовні позначення) варіантів	Повторення (n)						Суми V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
		I	II	III	IV	V	VI							факт.	теор.	
1		5,50	5,80	5,80	5,70			22,80	5,70	Загальне	4,64	7	-	-	-	-
2		7,40	7,00	7,20	7,20			28,80	7,20	Повторень	0,01	3	-	-	-	-
3								0,00		Варіантів	4,50	1	4,50	103,85	8,89	-
4								0,00		Похибка	0,13	3	0,04	-	-	3,182
5								0,00		$HIP_{05} = t_{05} \cdot sd =$		3,182	0,147	=	0,468	t/га
6								0,00		Висновок:	В досліді є істотні відмінності					

Суми P	12,90	12,80	13,00	12,90	0,00	0,00	$\Sigma X =$	$\bar{x}_o =$
							51,60	6,45

1. Загальне число спостережень: $N = l$ (варіантів) $\cdot n$ (повторень)

$$N = 2 \cdot 4 = 8$$

2. Коригуючий фактор: $C = (X^2) : N =$

$$2663 : 8 = 332,8$$

3. Суми квадратів:

3.1. Загальне: $Cy = \Sigma X^2 - C =$

$$337,5 - 333 = 4,64$$

3.2. Повторень: $Cp = \Sigma P^2 : l - C =$

$$665,7 : 2 - 332,8 = 0,01$$

3.3. Варіантів: $Cv = \Sigma V^2 : n - C =$

$$1349,3 : 4 - 332,8 = 4,50$$

3.4. Залишкове: $Cz = Cy - Cp - Cv =$

$$4,64 - 0,01 - 4,50 = 0,13$$

4. Оцінка істотності часткових різниць:

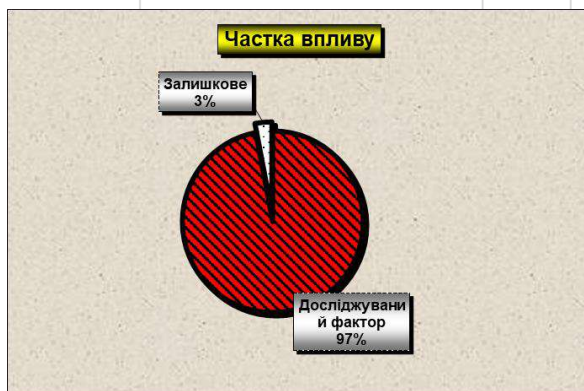
$$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,04}{4}} = 0,147 \text{ т/га}$$

$$HIP_{05} = t_{05} \cdot sd = 3,182 \cdot 0,147 = 0,468 \text{ т/га}$$

5. Оцінка частки впливу:

Частка впливу, %:

Досліджуваний фактор	97
Залишкове	3



Agrostat		Однофакторний дослід закладений методом рендомізованих блоків															
Головне меню		Назва досліджу: Ячмінь озимий 2021 рік															
Допомога																	
Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, кількість варіантів (ℓ) та повторень (п), табличні значення F і t				ℓ (кількість варіантів)	=	2	Одиниці виміру:	т/га	Рік (роки):	2021							
				п (кількість повторень)	=	4	Результати дисперсійного аналізу										
Номери варіантів (ℓ)	Назва (умовні позначення) варіантів	Повторення (п)						Сума V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t	
		I	II	III	IV	V	VI							факт.	теор.		
1		5,50	5,40	5,30	5,40			21,60	5,40	Загальне	0,56	7	-	-	-	-	
2		5,80	6,00	6,00	5,80			23,60	5,90	Повторень	0,01	3	-	-	-	-	
3								0,00		Варіантів	0,50	1	0,50	30,00	8,89	-	
4								0,00		Помилка	0,05	3	0,02	-	-	3,182	
5								0,00		HIP ₀₅ = t ₀₅ · sd =		3,182	0,091	=	0,290	т/га	
6								0,00		Висновок: В досліді є істотні відмінності							
Суми P				11,30	11,40	11,30	11,20	0,00	0,00	ΣX =	45,20	Σx ₀ =	5,65				

1. Загальне число спостережень: $N = l$ (варіантів) · n (повторень)

$$N = 2 \cdot 4 = 8$$

2. Коригуючий фактор: $C = (X^2) : N =$

$$2043 : 8 = 255,4$$

3. Суми квадратів:

3.1. Загальне: $Cy = \Sigma X^2 - C = 255,9 - 255 = 0,56$

3.2. Повторень: $Cp = \Sigma P^2 : l - C = 510,8 : 2 - 255,4 = 0,01$

3.3. Варіантів: $Cv = \Sigma V^2 : n - C = 1023,5 : 4 - 255,4 = 0,50$

3.4. Залишкове: $Cz = Cy - Cp - Cv = 0,56 - 0,01 - 0,50 = 0,05$

4. Оцінка істотності часткових різниць:

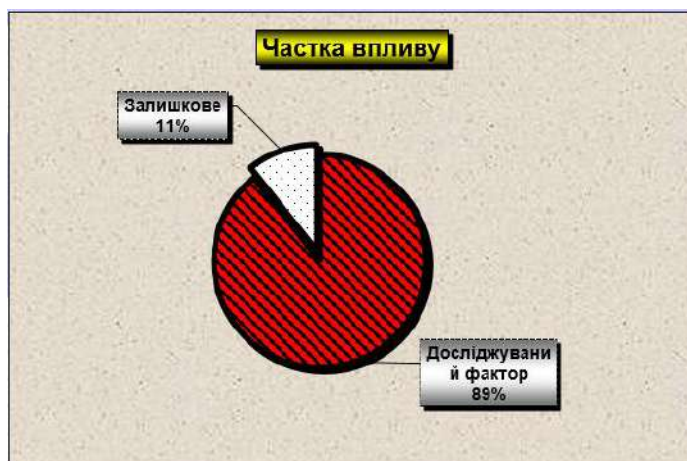
$$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,02}{4}} = 0,091 \text{ т/га}$$

$$HIP_{05} = t_{05} \cdot sd = 3,182 \cdot 0,091 = 0,290 \text{ т/га}$$

5. Оцінка частки впливу:

Частка впливу, %:

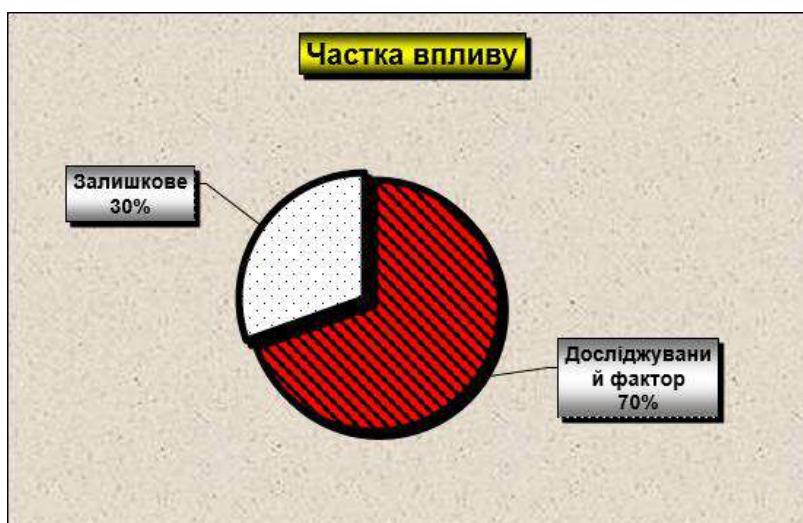
Досліджуваний фактор	89
Залишкове	11



Додаток Е 4

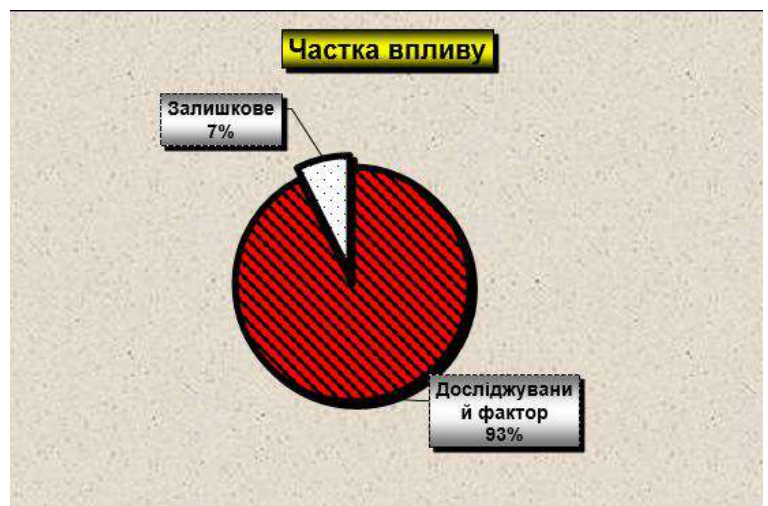
Agrostat		Однофакторний дослід закладений методом рендомізованих блоків														
Головне меню		Назва досліджу: Ячмінь озимий 2022 рік														
Допомога		Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, кількість варіантів (ℓ) та повторень (n), табличні значення F і t														
		ℓ (кількість варіантів)	=	2	Одиниці виміру:	т/га	Рік (роки):	2022			Результати дисперсійного аналізу					
		n (кількість повторень)	=	4												
Номери варіантів (ℓ)	Назва (умовні позначення) варіантів	Повторення (n)						Сума V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
		I	II	III	IV	V	VI							факт.	теор.	
1		5,00	5,40	5,20	5,20		20,80	5,20	Загальне	0,46	7	-	-	-	-	-
2		5,50	5,80	5,60	5,50		22,40	5,60	Повторень	0,13	3	-	-	-	-	-
3							0,00		Варіантів	0,32	1	0,32	96,00	8,89	-	
4							0,00		Похибка	0,01	3	0,00	-	-	3,182	
5							0,00		HIP ₀₅ = t ₀₅ · sd =		3,182	0,041	=	0,130	т/га	
6							0,00		Висновок: В досліді є істотні відмінності							

1. Загальне число спостережень:	$N = I \text{ (варіантів)} \cdot n \text{ (повторень)}$	$N = 2 \cdot 4 = 8$
2. Коригуючий фактор:	$C = (X^2) : N$	$1866 : 8 = 233,3$
3. Суми квадратів:		
3.1. Загальне:	$Cy = \Sigma X^2 - C$	$233,7 - 233 = 0,46$
3.2. Повторень:	$Cp = \Sigma P^2 : I - C$	$466,8 : 2 - 233,3 = 0,13$
3.3. Варіантів:	$Cv = \Sigma V^2 : n - C$	$934,4 : 4 - 233,3 = 0,32$
3.4. Залишкове:	$Cz = Cy - Cp - Cv$	$0,46 - 0,13 - 0,32 = 0,01$
4. Оцінка істотності часткових різниць:		
$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,00}{4}} = 0,041 \text{ т/га}$		
$HIP_{05} = t_{05} \cdot sd = 3,182 \cdot 0,041 = 0,130 \text{ т/га}$		
5. Оцінка частки впливу:		
Частка впливу, %:		
Досліджуваний фактор		70
Залишкове		30



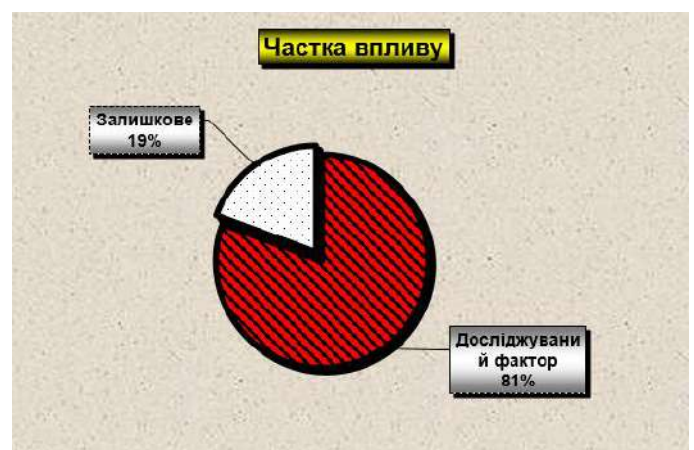
Agrostat		Однофакторний дослід закладений методом рендомізованих блоків														
Головне меню		Назва досліджу: Ячмінь ярий Геліос 2021 рік														
Допомога																
Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, кількість варіантів (ℓ) та повторень (n), табличні значення F і t		ℓ (кількість варіантів)	=	2	Одиниці виміру:	т/га	Рік (роки):	2021								
		n (кількість повторень)	=	4	Результати дисперсійного аналізу											
Номери варіантів (ℓ)	Назва (умовні позначення) варіантів	Повторення (n)						Суми V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
		I	II	III	IV	V	VI							факт.	теор.	
1		3,10	3,10	3,00	3,20			12,40	3,10	Загальне	0,54	7	-	-	-	-
2		2,50	2,70	2,60	2,60			10,40	2,60	Повторень	0,02	3	-	-	-	-
3								0,00		Варіантів	0,50	1	0,50	75,00	8,89	-
4								0,00		Похибка	0,02	3	0,01	-	-	3,182
5								0,00		$NI_{P_{05}} = t_{05} \cdot sd =$		3,182	0,058	=	0,184	т/га
6								0,00		Висновок: В досліді є істотні відмінності						

Суми P	5,60	5,80	5,60	5,80	0,00	0,00	$\Sigma X =$	$\bar{x}_o =$	
							22,80	2,85	
1. Загальне число спостережень:	$N = I \text{ (варіантів)} \cdot n \text{ (повторень)}$								
			2	4	=	8			
2. Коригуючий фактор:	$C = (X^2) : N =$		520	:	8	=	65,0		
3. Суми квадратів:									
3.1. Загальне:	$Cy = \Sigma X^2 - C =$		65,5	-	65	=	0,54		
3.2. Повторень:	$Cp = \Sigma P^2 : I - C =$		130,0	:	2	=	65,0	=	0,02
3.3. Варіантів:	$Cv = \Sigma V^2 : n - C =$		261,9	:	4	=	65,0	=	0,50
3.4. Залишкове:	$Cz = Cy - Cp - Cv =$		0,54	-	0,02	=	0,50	=	0,02
4. Оцінка істотності часткових різниць:									
	$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,01}{4}} =$		0,058	т/га					
	$NI_{P_{05}} = t_{05} \cdot sd =$		3,182	0,058	=	0,184	т/га		
5. Оцінка частки впливу:									
Частка впливу, %:									
Досліджуваний фактор			93						
Залишкове			7						



Agrostat		Однофакторний дослід закладений методом рендомізованих блоків														
Головне меню		Назва досліджу: Ячмінь ярий Геліос 2022 рік														
Допомога																
Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, кількість варіантів (ℓ) та повторень (n), табличні значення F і t		ℓ (кількість варіантів)	=	2	Одиниці виміру:	т/га	Рік (роки):	2022								
		n (кількість повторень)	=	4	Результати дисперсійного аналізу											
Номери варіантів (ℓ)	Назва (умовні позначення) варіантів	Повторення (n)						Суми V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
		I	II	III	IV	V	VI							факт.	теор.	
1		3,00	3,10	2,80	3,10			12,00	3,00	Загальне	0,62	7	-	-	-	-
2		2,40	2,40	2,70	2,50			10,00	2,50	Повторень	0,01	3	-	-	-	-
3								0,00		Варіантів	0,50	1	0,50	13,64	8,89	-
4								0,00		Похибка	0,11	3	0,04	-	-	3,182
5								0,00		$HP_{05} = t_{05} \cdot sd =$		3,182	0,135	=	0,431	т/га
6								0,00		Висновок: В досліді є істотні відмінності						

Суми P	5,40	5,50	5,50	5,60	0,00	0,00	$\Sigma X =$	$\bar{x}_0 =$	
							22,00	2,75	
1. Загальне число спостережень:	$N =$	I (варіантів) $\cdot n$ (повторень)							
	$N =$	2	•	4	=	8			
2. Коригуючий фактор: $C = (X^2) : N =$		484	:	8	=	60,5			
3. Суми квадратів:									
3.1. Загальне:	$Cy = \Sigma X^2 - C =$	61,1	-	61	=	0,62			
3.2. Повторень:	$Cp = \Sigma P^2 : I - C =$	121,0	:	2	-	60,5	=	0,01	
3.3. Варіантів:	$Cv = \Sigma V^2 : n - C =$	244,0	:	4	-	60,5	=	0,50	
3.4. Залишкове:	$Cz = Cy - Cp - Cv =$	0,62	-	0,01	-	0,50	=	0,11	
4. Оцінка істотності часткових різниць:									
	$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} =$	$\sqrt{\frac{2 \cdot 0,04}{4}} =$	0,135	т/га					
	$HP_{05} = t_{05} \cdot sd =$	3,182	•	0,135	=	0,431	т/га		
5. Оцінка частки впливу:									
Частка впливу, %:									
	Досліджуваний фактор	81							
	Залишкове	19							



Agrostat		Однофакторний дослід закладений методом рендомізованих блоків														
Головне меню		Назва досліджу: Ячмінь ярий Цезар 2021 рік														
Допомога																
Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, кількість варіантів (l) та повторень (n), табличні значення F і t			l (кількість варіантів)	=	2	Одиниці виміру:	т/га	Рік (роки):	2021							
			n (кількість повторень)	=	4	Результати дисперсійного аналізу										
Номери варіантів (l)	Назва (умовні позначення) варіантів	Повторення (n)						Сума V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
		I	II	III	IV	V	VI							факт.	теор.	
1		3,90	3,50	3,60	3,80			14,80	3,70	Загальне	0,66	7	-	-	-	-
2		3,00	3,30	3,30	3,20			12,80	3,20	Повторень	0,01	3	-	-	-	-
3								0,00		Варіантів	0,50	1	0,50	10,00	8,89	-
4								0,00		Похибка	0,15	3	0,05	-	-	3,182
5								0,00		$HP_{05} = t_{05} \cdot sd =$		3,182	0,158	=	0,503	т/га
6								0,00		Висновок: В досліді є істотні відмінності						

1. Загальне число спостережень: $N = l$ (варіантів) $\cdot n$ (повторень)

$$N = 2 \cdot 4 = 8$$

2. Корируючий фактор: $C = (X^2) : N = 762 : 8 = 95,2$

3. Суми квадратів:

3.1. Загальне: $Cy = \Sigma X^2 - C = 95,9 - 95 = 0,66$

3.2. Повторень: $Cp = \Sigma P^2 : l - C = 190,5 : 2 - 95,2 = 0,01$

3.3. Варіантів: $Cv = \Sigma V^2 : n - C = 382,9 : 4 - 95,2 = 0,50$

3.4. Залишкове: $Cz = Cy - Cp - Cv = 0,66 - 0,01 - 0,50 = 0,15$

4. Оцінка істотності часткових різниць:

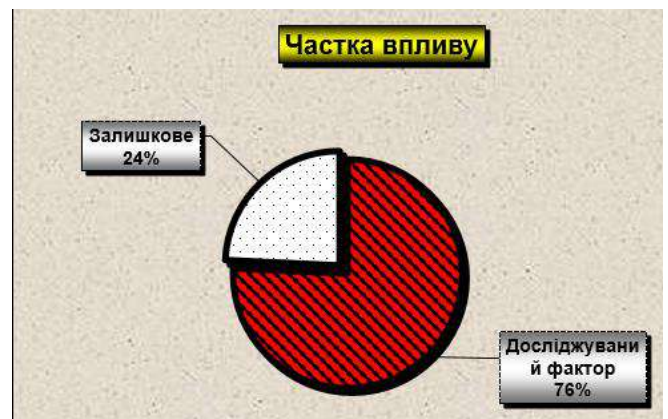
$$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,05}{4}} = 0,158 \text{ т/га}$$

$$HP_{05} = t_{05} \cdot sd = 3,182 \cdot 0,158 = 0,503 \text{ т/га}$$

5. Оцінка частки впливу:

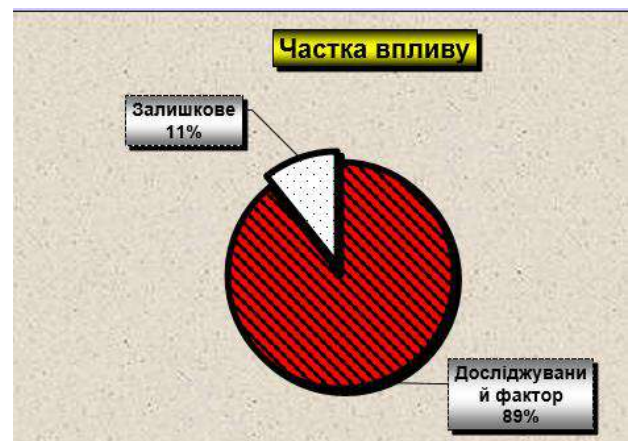
Частка впливу, %:

Досліджуваний фактор	76
Залишкове	24



Agrostat		Однофакторний дослід закладений методом рендомізованих блоків														
Головне меню		Назва досліджу: Ячмінь ярий Цезар 2022 рік			Є (кількість варіантів)	=	2	Одиниці виміру:	т/га	Рік (роки):	2022					
Допомога					п (кількість повторень)	=	4	Результати дисперсійного аналізу								
Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, кількість варіантів (ℓ) та повторень (п), табличні значення F і t																
Номери варіантів (ℓ)	Назва (умовні позначення) варіантів	Повторення (п)						Суми V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
		I	II	III	IV	V	VI							факт.	теор.	
1		3,40	3,40	3,30	3,50			13,60	3,40	Загальне	0,56	7	-	-	-	-
2		3,00	2,80	3,00	2,80			11,60	2,90	Повторень	0,01	3	-	-	-	-
3								0,00		Варіантів	0,50	1	0,50	30,00	8,89	-
4								0,00		Похибка	0,05	3	0,02	-	-	3,182
5								0,00		$HP_{05} = t_{05} \cdot sd =$		3,182	0,091	=	0,290	т/га
6								0,00		Висновок: В досліді є істотні відмінності						

Суми P	6,40	6,20	6,30	6,30	0,00	0,00	$\Sigma X =$	$\bar{x}_0 =$			
							25,20	3,15			
1. Загальне число спостережень:		$N = l \text{ (варіантів)} \cdot n \text{ (повторень)}$									
							2	4	=	8	
2. Коригуючий фактор:		$C = (X^2) : N =$									
							635	8	=	79,4	
3. Суми квадратів:											
3.1. Загальне:		$Cy = \Sigma X^2 - C =$									
							79,9	79	=	0,56	
3.2. Повторень:		$Cp = \Sigma P^2 : l - C =$									
							158,8	2	=	79,4	0,01
3.3. Варіантів:		$Cv = \Sigma V^2 : n - C =$									
							319,5	4	=	79,4	0,50
3.4. Залишкове:		$Cz = Cy - Cp - Cv =$									
							0,56	0,01	=	0,50	0,05
4. Оцінка істотності часткових різниць:											
		$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,02}{4}} = 0,091 \text{ т/га}$									
		$HP_{05} = t_{05} \cdot sd = 3,182 \cdot 0,091 = 0,290 \text{ т/га}$									
5. Оцінка частки впливу:											
Частка впливу, %:											
	Досліджуваний фактор	89									
	Залишкове	11									



Додаток Е 9

Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, кількість варіантів (ℓ) та повторень (n), табличні значення F і t							ℓ (кількість варіантів)	=	4	Одиниці виміру:	т/га	Рік (роки):	2022			
							n (кількість повторень)	=	4	Результати дисперсійного аналізу						
Номери варіантів (ℓ)	Назва (умовні позначення) варіантів	Повторення (n)						Сума V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
		I	II	III	IV	V	VI							факт.	теор.	
1		72,60	72,10	71,70	72,40			288,80	72,20	Загальне	1337,17	15	-	-	-	-
2		70,30	70,10	70,50	70,30			281,20	70,30	Повторень	0,05	3	-	-	-	-
3		52,00	51,80	51,90	51,90			207,60	51,90	Варіантів	1336,43	3	445,48	5768,76	8,7	-
4		54,00	54,60	54,30	54,30			217,20	54,30	Похибка	0,69	9	0,08	-	-	2,262
5								0,00		$HP_{05} = t_{05} \cdot sd =$		2,262	0,198	=	0,444	т/га
6								0,00		Висновок: В досліді є істотні відмінності						
7								0,00								
8								0,00								
9								0,00								
10								0,00								
11								0,00								
12								0,00								
13								0,00								
14								0,00								
15								0,00								
16								0,00								
17								0,00								
18								0,00								
19								0,00								
20								0,00								
21								0,00								
22								0,00								
23								0,00								
24								0,00								

Суми P	248,90	#####	248,40	####	0,00	0,00	$\Sigma X =$	$\bar{X}_0 =$
							994,80	62,18

1. Загальне число спостережень: $N = I$ (варіантів) $\cdot n$ (повторень)

$N = 4 \cdot 4 = 16$

2. Коригуючий фактор: $C = (X^2) : N = ##### : 16 = #####$

3. Суми квадратів:

3.1. Загальне: $Cy = \Sigma X^2 - C = ##### - ##### = #####$

3.2. Повторень: $Cp = \Sigma P^2 : I - C = ##### : 4 - ##### = 0,05$

3.3. Варіантів: $Cv = \Sigma V^2 : n - C = ##### : 4 - ##### = 1336,43$

3.4. Залишкове: $Cz = Cy - Cp - Cv = ##### - 0,05 - ##### = 0,69$

4. Оцінка істотності часткових різниць:

$$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,08}{4}} = 0,196 \text{ т/га}$$

$$HP_{05} = t_{05} \cdot sd = 2,262 \cdot 0,196 = 0,444 \text{ т/га}$$

5. Оцінка частки впливу:

Частка впливу, %:	
Досліджуваний фактор	100
Залишкове	0

Agrostat		Однофакторний дослід закладений методом рендомізованих блоків														
Головне меню		Назва досліджу: Пшениця озима Акратос 2023 р.														
Допомога																
Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, кількість варіантів (ℓ) та повторень (n), табличні значення F і t			ℓ (кількість варіантів)	=	4	Одиниці виміру:	т/га	Рік (роки):	2023							
			n (кількість повторень)	=	4	Результати дисперсійного аналізу										
Номери варіантів (ℓ)	Назва (умовні позначення) варіантів	Повторення (n)						Суми V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
		I	II	III	IV	V	VI							факт.	теор.	
1		79,00	79,00	78,00	78,40		314,40	78,60	Загальне	1287,36	15	-	-	-	-	
2		72,00	72,20	72,00	72,20		288,40	72,10	Повторень	1,82	3	-	-	-	-	
3		57,00	58,00	57,00	58,00		230,00	57,50	Варіантів	1284,08	3	428,03	2638,52	8,7	-	
4		58,00	59,00	58,00	59,40		234,40	58,60	Похибка	1,46	9	0,16	-	-	2,262	
5							0,00		$HIP_{05} = t_{05} \cdot sd =$		2,262	0,285	=	0,644	т/га	
6							0,00		Висновок: В досліді є істотні відмінності							

Суми P	266,00	#####	265,00	####	0,00	0,00	$\Sigma X =$	$\bar{x}_0 =$	
							#####	66,70	
1. Загальне число спостережень:		$N = I$ (варіантів) $\cdot n$ (повторень)							
		$N = 4 \cdot 4 = 16$							
2. Коригуючий фактор: $C = (X^2) : N =$		#####	:	16	=	#####			
3. Суми квадратів:									
3.1. Загальне:		$Cy = \Sigma X^2 - C =$	#####	-	####	=	#####		
3.2. Повторень:		$Cp = \Sigma P^2 : I - C =$	#####	:	4	-	#####	=	1,82
3.3. Варіантів:		$Cv = \Sigma V^2 : n - C =$	#####	:	4	-	#####	=	1284,08
3.4. Залишкове:		$Cz = Cy - Cp - Cv =$	#####	-	1,82	-	#####	=	1,46
4. Оцінка істотності часткових різниць:									
		$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,16}{4}} = 0,285$ т/га							
		$HIP_{05} = t_{05} \cdot sd = 2,262 \cdot 0,285 = 0,644$ т/га							
5. Оцінка частки впливу:									
Частка впливу, %:									
	Досліджуваний фактор	100							
	Залишкове	0							



Agrostat		Однофакторний дослід закладений методом рендомізованих блоків														
Головне меню		Назва досліджу: Ячмінь озимий Луран 2022 р.	ε (кількість варіантів) = 4		Одиниці виміру:	m/га	Рік (роки):	2022								
Допомога			n (кількість повторень) = 4		Результати дисперсійного аналізу											
Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, кількість варіантів (ε) та повторень (n), табличні значення F і t																
Номери варіантів (ε)	Назва (умовні позначення) варіантів	Повторення (n)						Суми V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
		I	II	III	IV	V	VI							факт.	теор.	
1		68,80	68,00	68,40	68,40		273,60	68,40	Загальне	1263,29	15	-	-	-	-	-
2		53,00	52,50	53,00	52,30		210,80	52,70	Повторень	0,09	3	-	-	-	-	-
3		46,00	46,60	46,00	46,20		184,80	46,20	Варіантів	1262,27	3	420,76	4093,85	8,7	-	
4		47,00	47,20	47,40	47,20		188,80	47,20	Похибка	0,93	9	0,10	-	-	2,262	
5							0,00		$HP_{05} = t_{05} \cdot sd =$		2,262	0,227	=	0,513	t/га	
6							0,00		Висновок: В досліді є істотні відмінності							

Суми P	214,80	#####	214,80	####	0,00	0,00	$\Sigma X =$	$\bar{X}_o =$	
							858,00	53,63	
1. Загальне число спостережень: $N = l$ (варіантів) $\cdot n$ (повторень)									
			$N =$	4	\cdot	4	$=$	16	
2. Коригуючий фактор: $C = (X^2) : N =$									
			#####	:	16	$=$	#####		
3. Суми квадратів:									
3.1. Загальне: $Cy = \Sigma X^2 - C =$									
			#####	-	####	$=$	#####		
3.2. Повторень: $Cp = \Sigma P^2 : l - C =$									
			#####	:	4	-	#####	$=$	0,09
3.3. Варіантів: $Cv = \Sigma V^2 : n - C =$									
			#####	:	4	-	#####	$=$	1262,27
3.4. Залишкове: $Cz = Cy - Cp - Cv =$									
			#####	-	0,09	-	#####	$=$	0,93
4. Оцінка істотності часткових різниць:									
$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,10}{4}} = 0,227 \text{ т/га}$									
$HP_{05} = t_{05} \cdot sd = 2,262 \cdot 0,227 = 0,513 \text{ т/га}$									
5. Оцінка частки впливу:									
Частка впливу, %:									
	Досліджуваний фактор	100							
	Залишкове	0							



Agrostat		Однофакторний дослід закладений методом рендомізованих блоків														
Головне меню		Назва досліджу: Ячмінь озимий Луран 2023 р.														
Допомога																
Введіть в таблицю необхідну текстову й цифрову інформацію, кількість варіантів (ℓ) та повторень (n), табличні значення F i t		ℓ (кількість варіантів)	=	4	Одиниці виміру:	т/га	Рік (роки):	2023								
		n (кількість повторень)	=	4	Результати дисперсійного аналізу											
Номери варіантів (ℓ)	Назва (умовні позначення) варіантів	Повторення (n)						Сума V	Середнє	Джерело варіації	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F		t
		I	II	III	IV	V	VI							факт.	теор.	
1		72,00	72,00	71,80	72,20			288,00	72,00	Загальне	1474,92	15	-	-	-	-
2		62,00	61,50	62,00	61,30			246,80	61,70	Повторень	0,20	3	-	-	-	-
3		48,00	48,00	48,30	48,10			192,40	48,10	Варіантів	1474,16	3	491,39	7827,40	8,7	-
4		50,00	50,00	50,60	50,20			200,80	50,20	Похибка	0,56	9	0,06	-	-	2,262
5								0,00		$HP_{05} = t_{05} \cdot sd =$		2,262	0,177	=	0,401	т/га
6								0,00		Висновок:	В досліді є істотні відмінності					

Суми P	232,00	#####	232,70	####	0,00	0,00	$\Sigma X =$	$\bar{x}_o =$	
							928,00	58,00	
1. Загальне число спостережень: $N = I \text{ (варіантів)} \cdot n \text{ (повторень)}$									
			$N =$	4	•	4	=	16	
2. Коригуючий фактор: $C = (X^2) : N =$ ##### : 16 = #####									
3. Суми квадратів:									
3.1. Загальне: $Cy = \Sigma X^2 - C =$ ##### - ##### = #####									
3.2. Повторень: $Cp = \Sigma P^2 : I - C =$ ##### : 4 - ##### = 0,20									
3.3. Варіантів: $Cv = \Sigma V^2 : n - C =$ ##### : 4 - ##### = 1474,16									
3.4. Залишкове: $Cz = Cy - Cp - Cv =$ ##### - 0,20 - ##### = 0,56									
4. Оцінка істотності часткових різниць:									
$sd = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2}{n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,06}{4}} = 0,177 \text{ т/га}$									
$HP_{05} = t_{05} \cdot sd = 2,262 \cdot 0,177 = 0,401 \text{ т/га}$									
5. Оцінка частки впливу:									
Частка впливу, %:									
	Досліджуваний фактор		100						
	Залишкове		0						

