

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ПАВЛОВА ЯНА СТАНІСЛАВІВНА

УДК 631.51:633.16(477.4)

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОПТИМІЗАЦІЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПРИ
ВИРОЩУВАННІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА РІЗНИХ ПОПЕРЕДНИКІВ У
ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

201 «Агрономія»
(20 «Аграрні науки та продовольство»)

Подається на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія»

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

Я. С. Павлова

Науковий керівник **Танчик Семен Петрович**
доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН

АНОТАЦІЯ

Павлова Я. С. ОПТИМІЗАЦІЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗА РІЗНИХ ПОПЕРЕДНИКІВ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 «Агрономія» (20 Аграрні науки та продовольство). – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2026.

У дисертаційній роботі представлено результати наукових досліджень щодо оптимального поєднання способів основного обробітку ґрунту та попередників, що дає змогу підвищити врожайність ячменю ярого, зберегти родючість ґрунту та забезпечити економічну ефективність виробництва, водночас уникаючи негативних наслідків обробітку.

Уперше в умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземі типовому середньо-суглинковому здійснено всебічну агротехнічну, економічну та енергетичну оцінку варіантів основного (полицевий – оранка на 23–25 см, безполицевий мілкий – дискування на 14–16 см та безполицевий поверхневий – дискування на 6–8 см) обробітку ґрунту та попередників (кукурудза на зерно, ріпак озимий, соя та соняшник) за вирощування ячменю ярого.

Погодні умови у 2021–2024 рр. були загалом типовими за основними метеорологічними показниками, проте, аналіз помісячних коливань показника ГТК, за яким проводився аналіз погодних умов, вказує на суттєві відхилення деяких періодів від багаторічної норми.

Зокрема, у 2021 році початок вегетації відзначався надмірним зволоженням, яке в подальшому змінилося посушливими умовами. У 2022 році переважали посушливі та сильно посушливі періоди. 2023 рік характеризувався різкими контрастами: надмірно зволожений квітень змінювався посушливими літніми місяцями. У 2024 році спостерігалось достатнє зволоження навесні та посушливі умови влітку. Отже, вегетаційні періоди досліджуваних років

характеризувалися нестійким зволоженням і частим проявом посушливих умов, що могло істотно впливати на ріст і формування врожайності ячменю ярого.

Запаси продуктивної вологи в ґрунті визначалися досліджуваними факторами, а також суттєво залежали від умов зволоження конкретного року. У середньому за роки проведення досліджень за розміщення ячменю ярого після сої та ріпаку озимого створювалися найкращі умови для накопичення та збереження ґрунтової вологи в ґрунті. А найефективнішими варіантами основного обробітку ґрунту були безполицевий мілкий та безполицевий поверхневий. У результаті, використання ріпаку озимого як попередника для ячменю ярого в поєднанні з поверхневим безполицевим варіантом обробітку ґрунту, забезпечувало найвищі запаси продуктивної вологи в метровій товщі ґрунту на період сівби культури за чотири роки досліджень – 170,1 мм (+ 7,5 мм до контролю). Ця ж комбінація забезпечувала найвищі значення доступної вологи і в 0–10 та 0–30 см товщах ґрунту, відповідно, 17,2 та 64,7 мм.

Проте, аналіз ефективності використання ґрунтової вологи рослинами ячменю ярого, що виражалось через коефіцієнт водоспоживання культури засвідчив, що найекономніше витрачав вологу на формування урожаю ячмінь ярий вирощений за поєднання сої як попередника з оранкою в якості основного обробітку ґрунту, що забезпечує коефіцієнт водоспоживання культури на рівні 280,6 м³/т.

Використання ріпаку озимого у якості попередника для ячменю ярого та безполицевого мілкого й поверхневого варіантів основного обробітку ґрунту забезпечує найсприятливіші, порівняно з іншими варіантами, параметри його будови впродовж усього періоду вегетації культури.

Найкращим поєднанням факторів з точки зору впливу на вміст агрономічно-цінних повітряно-сухих та водотривких структурних агрегатів було використання ріпаку озимого як попередника на фоні безполицевого мілкого обробітку ґрунту.

Аналіз впливу факторів показав, що найменша об'ємна маса ґрунту у шарі 0–10 см формувалася після ріпаку озимого та соняшнику і становила в середньому 1,10–1,13 г/см³. Важливо, що така закономірність зберігалася і в

глибших шарах ґрунтового профілю. Водночас після сої спостерігалось підвищення об'ємної маси до 1,26–1,27 г/см³, особливо за застосування безполицевих систем обробітку. Встановлено, що мілкий та поверхневий безполицевий обробіток порівняно з оранкою загалом сприяв деякому ущільненню ґрунту незалежно від попередника. Однак, отримані показники не виходили за межі оптимальних значень для вирощування культури та залишалися стабільними до періоду збирання.

Становлено, що найвищий вміст нітратного азоту перед сівбою формувався після сої, з приростом у шарі 0–10 см на 11,9 мг/кг, а в шарах 10–20 і 20–30 см на 7,5–7,7 мг/кг порівняно з контролем. За безполицевих обробітків відмічено менше накопичення азоту, ніж за оранки. Найвищі показники зафіксовано за поєднання сої з оранкою (до 61,8 мг/кг у шарі 0–10 см), тоді як у шарі 10–20 окремі переваги мали варіанти з ріпаком озимим і оранкою, а у нижньому шарі – сої з безполицевим поверхневим обробітком.

За проведення безполицевих обробітків відмічалось істотне збільшення вмісту доступного фосфору та калію до контролю (полицевого). Зокрема, у варіанті з безполицевим мілким обробітком у 0–10 см шарі ґрунту на період сівби культури вміст фосфору показував приріст до контролю в 11,1 мг/кг, а безполицевим поверхневим – 9,1 мг/кг. За вмістом доступного калію у верхньому 0–10 см шарі перевага безполицевого мілкового варіанту над оранкою становила 12,5 мг/кг ґрунту, а безполицевого поверхневого – 13,6. Достовірною була надбавка цих варіантів і в глибших досліджуваних шарах ґрунту.

У результаті проведених досліджень встановлено комплексний вплив попередника та основного обробітку ґрунту на потенційну та актуальну забур'яненість агроценозу ячменю ярого. Відмічено, що найкращий протибур'яновий ефект мало застосування ріпаку озимого як попередника для ячменю ярого та полицевого варіанту основного обробітку ґрунту, що забезпечило суттєво найменшу, порівняно з контролем та іншими варіантами, чисельність насіння бур'янів у шарах 0–10, 10–20 та 20–30 см, відповідно, 61,9, 57,8 та 34,1 млн шт./га.

Також, цей варіант забезпечив найнижчі показники актуальної забур'яненості культури на початку та впродовж її вегетації. Зокрема, відмічено найменшу кількість сходів бур'янів перед внесенням гербіцидів у досліді – 250 шт./м², на період збирання культури – 15, з яких репродуктивних – 5. Сира маса бур'янів, при цьому, становила 23,5 г/м².

За величиною урожайності зерна найкращим у досліді було поєднання сої як попередника для ячменю ярого та полицевого основного обробітку ґрунту (оранка на 23–25 см) – 7,14 т/га, що в результаті забезпечило найбільший приріст до контролю – 1,63 т/га або 29,74 %. За цього ж поєднання відмічено й найвищі структурні показники урожайності в досліді: кількість зерен в колосі – 17,7 шт. (+ 1,1 шт.) та маса 1000 зерен – 49,1 г (+ 2,3 г).

Заміна полицевого основного обробітку (оранки на 23–25 см) поверхневим мілким варіантом (дискування на 14–16 см) на фоні цього ж попередника забезпечувало другий за величиною рівень урожайності зерна ячменю ярого в досліді – 6,96 т/га (+ 1,45 т/га або 26,33 % до контролю). З урахуванням показника $\text{НіР}_{05}(\text{AB}) = 0,49$ т/га або 8,12 %, вказані результати достовірно не відрізняються від попереднього варіанту.

Проведений кореляційно-регресійний аналіз засвідчив, що серед досліджуваних показників прямий тісний кореляційний зв'язок між урожайністю відмічено з вмістом нітратного азоту в ґрунті ($r = 0,9$); прямий середній – з вмістом доступного фосфору ($r = 0,6$), запасами продуктивної вологи на період сівби культури ($r = 0,5$) та її цвітіння ($r = 0,3$); обернений середній з об'ємною масою ґрунту ($r = -0,3$).

Не відмічено істотного кореляційного зв'язку між урожайністю культури та структурою ґрунту, вмістом в ньому рухомого калію та забур'яненістю культури на період проведення протибур'янових заходів.

У результаті чотирирічних досліджень встановлено, що найбільш вигідним поєднанням досліджуваних факторів з точки зору фінансових та енергетичних затрат є використання сої як попередника та безполицевого мілкового основного обробітку ґрунту (дискування на 14–16 см), що забезпечило найвищу

рентабельність вирощування ячменю ярого в досліді – 121,0 % та коефіцієнт енергетичної ефективності $K_{ee} = 4,6$.

Ключові слова: ячмінь ярий, попередник, обробіток ґрунту, структура ґрунту, об'ємна маса, пористість, поживні речовини, забур'яненість, урожайність, економічна та енергетична оцінка.

ABSTRACT

Pavlova Ya. S. OPTIMIZATION OF BASIC TILLAGE FOR SPRING BARLEY UNDER DIFFERENT PREVIOUS CROPS IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE – Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 “Agronomy” (20 Agrarian Sciences and Food). – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2026.

The dissertation presents the results of scientific research on the optimal combination of primary tillage methods and preceding crops, which makes it possible to increase crop yield, preserve soil fertility, and ensure the economic efficiency of production while avoiding the negative effects of tillage.

For the first time, under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, on typical medium-loamy chernozem, a comprehensive agrotechnical, economic, and energy evaluation of primary tillage variants (moldboard tillage – plowing to a depth of 23–25 cm; non-moldboard shallow tillage – disking to 14–16 cm; and non-moldboard surface tillage – disking to 6–8 cm) and preceding crops (grain corn, winter rapeseed, soybean, and sunflower) in the cultivation of spring barley was carried out.

Weather conditions during 2021–2024 were generally typical according to the main meteorological indicators; however, an analysis of monthly fluctuations of the hydrothermal coefficient (HTC), which was used to assess weather conditions, indicates significant deviations of certain periods from the long-term average.

In particular, in 2021 the beginning of the growing season was characterized by excessive moisture, which was subsequently replaced by drought conditions. In 2022,

dry and severely dry periods predominated. The year 2023 was marked by sharp contrasts: an excessively wet April was followed by dry summer months. In 2024, sufficient moisture was observed in spring, while summer conditions were dry. Thus, the growing seasons of the studied years were characterized by unstable moisture supply and frequent drought occurrences, which could significantly affect the growth and yield formation of spring barley.

Soil available moisture reserves were determined by the studied factors and also significantly depended on the moisture conditions of a particular year. On average over the years of research, the best conditions for accumulation and conservation of soil moisture were created when spring barley was grown after soybean and winter rapeseed. The most effective primary tillage options were shallow non-moldboard and surface non-moldboard tillage. As a result, the use of winter rapeseed as a preceding crop in combination with surface non-moldboard tillage provided the highest reserves of available moisture in the one-meter soil layer at the time of sowing over four years of research—170.1 mm (+7.5 mm compared to the control). This combination also ensured the highest values of available moisture in the 0–10 cm and 0–30 cm soil layers – 17.2 and 64.7 mm, respectively.

However, the analysis of soil moisture use efficiency by spring barley plants, expressed through the crop water consumption coefficient, showed that the most efficient moisture use for yield formation was observed when soybean was used as a preceding crop combined with moldboard plowing as the primary tillage, providing a water consumption coefficient of 280.6 m³/t.

The use of winter rapeseed as a preceding crop for spring barley, together with shallow and surface non-moldboard tillage, ensured the most favorable soil structural parameters throughout the growing season compared to other treatments.

The best combination of factors in terms of the content of agronomically valuable air-dry and water-stable structural aggregates was the use of winter rapeseed as a preceding crop against the background of shallow non-moldboard tillage.

The analysis of factor effects showed that the lowest soil bulk density in the 0–10 cm layer was formed after winter rapeseed and sunflower, averaging 1.10–1.13 g/cm³. Importantly, this pattern persisted in deeper soil layers. At the same time,

after soybean, an increase in bulk density to 1.26–1.27 g/cm³ was observed, especially under non-moldboard tillage systems. It was established that shallow and surface non-moldboard tillage, compared to plowing, generally contributed to some soil compaction regardless of the preceding crop. However, the obtained values remained within optimal limits for crop cultivation and were stable until harvest.

It was found that the highest content of nitrate nitrogen before sowing was formed after soybean, with an increase in the 0–10 cm layer by 11.9 mg/kg and in the 10–20 and 20–30 cm layers by 7.5–7.7 mg/kg compared to the control. Under non-moldboard tillage, less nitrogen accumulation was observed than under plowing. The highest values were recorded for the combination of soybean with plowing (up to 61.8 mg/kg in the 0–10 cm layer), while in the 10–20 cm layer some advantages were observed for winter rapeseed with plowing, and in the lower layer—for soybean with surface non-moldboard tillage.

Non-moldboard tillage significantly increased the content of available phosphorus and potassium compared to the control (moldboard tillage). In particular, under shallow non-moldboard tillage, the phosphorus content in the 0–10 cm layer at sowing increased by 11.1 mg/kg compared to the control, and under surface non-moldboard tillage by 9.1 mg/kg. In terms of available potassium in the upper 0–10 cm layer, the advantage of shallow non-moldboard tillage over plowing was 12.5 mg/kg of soil, and of surface non-moldboard tillage – 13.6 mg/kg. These increases were also statistically significant in deeper soil layers.

As a result of the conducted research, a complex effect of preceding crops and primary tillage on the potential and actual weed infestation of the spring barley agroecosis was established. It was noted that the best weed control effect was achieved when winter rapeseed was used as a preceding crop combined with moldboard tillage, which ensured the lowest number of weed seeds in the 0–10, 10–20, and 20–30 cm layers – 61.9, 57.8, and 34.1 million seeds/ha, respectively.

This treatment also provided the lowest levels of actual weed infestation at the beginning and throughout the growing season. In particular, the lowest number of weed seedlings before herbicide application was recorded—250 plants/m², and by harvest—15 plants, of which 5 were reproductive. The fresh weight of weeds was 23.5 g/m².

In terms of grain yield, the best combination in the experiment was soybean as a preceding crop and moldboard plowing (23–25 cm) as the primary tillage – 7.14 t/ha, which resulted in the highest increase compared to the control – 1.63 t/ha or 29.74 %. This combination also provided the highest yield structure indicators: number of grains per spike – 17.7 (+1.1), and 1000-grain weight – 49.1 g (+2.3 g).

Replacing moldboard plowing (23–25 cm) with shallow surface tillage (disking at 14–16 cm) with the same preceding crop provided the second highest yield – 6.96 t/ha (+1.45 t/ha or 26.33 % compared to the control). Considering $LSD_{05}(AB) = 0.49$ t/ha or 8.12 %, these results were not significantly different from the previous treatment.

Correlation and regression analysis showed that among the studied indicators, a strong positive correlation with yield was observed for nitrate nitrogen content in the soil ($r = 0.9$); a moderate positive correlation – for available phosphorus ($r = 0.6$), available moisture reserves at sowing ($r = 0.5$) and flowering ($r = 0.3$); and a moderate negative correlation – for soil bulk density ($r = -0.3$).

No significant correlation was found between crop yield and soil structure, available potassium content, or weed infestation at the time of weed control measures.

As a result of four years of research, it was established that the most economically and energetically efficient combination of factors was the use of soybean as a preceding crop together with shallow non-moldboard tillage (disking at 14–16 cm), which provided the highest profitability of spring barley cultivation – 121.0% and an energy efficiency coefficient of $Ke = 4.6$.

Keywords: spring barley, preceding crop, tillage, soil structure, bulk density, porosity, nutrients, weed infestation, yield, economic and energy evaluation.

Список публікацій за темою дисертації

Статті в наукових фахових виданнях

1. Pavlova Ya., Litvinov D. The influence of previous crops and tillage on available moisture reserves of chernozem typical for growing spring barley. *Plant and Soil Science*, 2024, № 15(2), 32–41. <https://doi.org/10.31548/plant2.2024.32>
(Павловою Я. С. взято участь у закладці та проведенні польових досліджень)

згідно схеми, здійснено аналіз отриманих результатів. Літвіновим Д. В. здійснено методичний супровід).

2. Павлова Я. С. Об'ємна маса ґрунту залежно від попередників та його обробітку за вирощування ячменю ярого в Правобережному Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 122–127. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.18>.

3. Павлова Я. С., Танчик С. П. Актуальна забур'яненість ячменю ярого за різних попередників та основного обробітку ґрунту в Правобережному Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 140. С. 197–203 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.26> (Павловою Я. С. взято участь у закладці та проведенні польових досліджень згідно схеми, здійснено аналіз отриманих результатів. Танчиком С. П. здійснено методичний супровід).

Тези доповідей наукових конференцій

1. Павлова Я. С., Літвінов Д. В. Урожайність ячменю ярого залежно від попередників та обробітку ґрунту в правобережному лісостепу України // *Інноваційні напрями розвитку технологій управління землями сільськогосподарського призначення: теорія та практика: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів, 27 листопада 2023 р., Київ, 2023*. С. 86. <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2025/01/innovative-areas-of-development-2.pdf> (Павловою Я. С. взято участь у закладці та проведенні польових досліджень згідно схеми, здійснено аналіз отриманих результатів. Літвіновим Д. В. здійснено методичний супровід).

2. Павлова Я. С. Динаміка нітратного азоту в ґрунті в посівах ячменю ярого залежно від попередників у Правобережному Лісостепу України. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Продовольча безпека України. Збереження та відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів»*. м. Київ, 22–23 травня 2025 року, С. 183–187. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33546.58561>

ЗМІСТ

ВСТУП	13
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕННЯ (огляд літератури)	18
1.1. Сучасний стан та перспективи виробництва зерна ячменю ярого в Світі та Україні.....	18
1.2. Значення попередників за вирощування ячменю ярого.....	24
1.3. Значення основного обробітку ґрунту за вирощування ячменю ярого....	32
Висновки до розділу 1.....	37
РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	39
2.1. Місце проведення досліджень та його ґрунтово-кліматичні умови.....	39
2.2. Агрометеорологічні умови в роки проведення досліджень.....	41
2.3. Схема та методика проведення досліджень.....	50
2.4. Агротехнічні умови в польовому досліді.....	53
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ПОПЕРЕДНИКІВ НА ВОДНО-ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ	56
3.1. Запаси доступної вологи в ґрунті залежно від попередників та основного обробітку.....	56
3.2. Агрофізичні властивості ґрунту залежно від основного обробітку ґрунту та попередників	69
Висновки до розділу 3.....	82
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ПОПЕРЕДНИКІВ ТА ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ НА ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ	84
4.1. Вплив попередників та основного обробітку ґрунту на вміст нітратного азоту	84
4.2. Вплив основного обробітку ґрунту та попередників на вміст рухомого фосфору	91
4.3. Вплив основного обробітку ґрунту та попередників на вміст рухомого калію	97

Висновки до розділу 4.....	105
РОЗДІЛ 5. ЗАБУР'ЯНЕНІСТЬ ПОСІВІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКІВ ТА ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	107
5.1. Потенційна забур'яненість ґрунту залежно від попередників та основного обробітку	107
5.2. Актуальна забур'яненість посівів ячменю ярого залежно від попередників та основного обробітку ґрунту.....	116
Висновки до розділу 5.....	121
РОЗДІЛ 6. УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ПОПЕРЕДНИКІВ.....	122
6.1. Урожайність зерна ячменю ярого залежно від попередників та обробітку ґрунту	122
6.2. Структура врожаю ячменю ярого залежно від попередників та варіантів основного обробітку ґрунту.....	130
Висновки до розділу 6.....	132
РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКІВ ТА ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	134
7.1. Економічна ефективність вирощування ячменю ярого залежно від попередників та обробітку ґрунту	134
7.2. Енергетична ефективність вирощування ячменю ярого залежно від попередників та обробітку ґрунту	137
Висновки до розділу 7.....	140
ВИСНОВКИ.....	141
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	144
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	145
ДОДАТКИ	179

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність теми дисертаційної роботи зумовлена сучасними викликами розвитку аграрного виробництва України, зокрема необхідністю підвищення продуктивності зернових культур за умов зміни клімату, обмеженості енергетичних і матеріальних ресурсів та збереження родючості ґрунтів. Ячмінь ярий є однією з провідних зернофуражних культур, яка відіграє важливу роль у забезпеченні кормової бази та продовольчої безпеки, однак його врожайність значною мірою залежить від агрофізичних і агрохімічних властивостей ґрунту, фітосанітарного стану, що формуються під впливом різних факторів, зокрема попередника та основного обробітку ґрунту.

Особливої актуальності набуває питання оптимізації основного обробітку ґрунту, оскільки, в сучасному землеробстві спостерігається тенденція до його мінімізації, яка продиктована зростанням вартості ресурсів, зокрема пального, деградацією ґрунтів, зміною клімату та ін. Проте, не зважаючи на значну кількість досліджень з даної тематики, на сьогодні немає однозначної відповіді щодо остаточного вибору способу та глибини основного обробітку ґрунту під ярі зернові культури, зокрема ячмінь. Оскільки, зменшуючи глибину та інтенсивність основного обробітку, окрім позитивних ефектів можливе виникнення негативних явищ, як от збільшення рівня забур'яненості посівів чи погіршення доступності поживних речовин.

Окрім того, обробіток ґрунту повинен проводитись з врахуванням особливостей попередника, правильний підбір якого дозволяє покращити якість основного обробітку під наступну культуру, оптимізувати умови росту і розвитку рослин, зменшити негативний вплив деградаційних процесів на ґрунт та підвищити економічну ефективність виробництва.

Враховуючи вищесказане, актуальними на сьогодні є дослідження, спрямовані на оптимізацію основного обробітку ґрунту за вирощування ячменю ярого після різних попередників, що в подальшому лягає в основу розробки ефективних, ресурсозберігаючих і екологічно безпечних технологій вирощування культури.

Вагомий внесок у розроблення та впровадження сучасних підходів з досліджуваної нами тематики зробили численні вітчизняні та зарубіжні вчені, зокрема: С. П. Танчик, І. Д. Примаєв, Ю. П. Манько, Ю. І. Ткаліч, М. В. Шевченко, О. І. Циліорик, В. М. Круть, В. В. Гамаюнова, D. Janusauskaite, A. Wozniak та ін.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є складовою частиною досліджень кафедри землеробства та гербології Національного університету біоресурсів і природокористування України за темою «Теоретичне обґрунтування та розроблення заходів управління родючістю ґрунту за зберігаючого землеробства» 2021–2022 рр. (номер державної реєстрації 0121U110137).

Мета і завдання дослідження. Мета досліджень – експериментальне обґрунтування оптимального варіанту основного обробітку ґрунту за способом та глибиною під ячмінь ярий за різних попередників, та встановлення закономірностей їх впливу на окремі параметри родючості чорнозему типового середньо-суглинкового та формування економічно і енергетично обґрунтованої урожайності культури.

Для досягнення мети було поставлено завдання:

- провести аналіз типовості погодних умов років проведення досліджень відносно багаторічних показників за показником коефіцієнта істотності;
- встановити вплив варіантів основного обробітків ґрунту та попередників, а також їх взаємодій на окремі показники родючості ґрунту (агрофізичні – запаси продуктивної вологи, об'ємна маса, структура, будова; агрохімічні – вміст нітратного азоту, рухомих форм фосфору та калію);
- виявити зміни потенційної та актуальної забур'яненості під впливом досліджуваних факторів;
- встановити вплив досліджуваних факторів на продуктивність ячменю ярого;
- провести економічну та енергетичну оцінку вирощування ячменю ярого за різних варіантів основного обробітку ґрунту та попередників;

Об'єкт дослідження – основний обробіток ґрунту та попередники для ячменю ярого.

Предмет дослідження – механізм впливу варіантів основного обробітку ґрунту відмінних за способом та глибиною та попередників на ґрунт у агроценозі ячменю ярого, забур'яненість, продуктивність культури та енергетичну й економічну ефективність її вирощування.

Методи дослідження. Загальнонаукові: аналіз, синтез – для порівняння досліджуваних факторів; спеціальні: польовий – для визначення ефективності варіантів основного обробітку ґрунту та попередників; візуальний і вимірювально-ваговий – для встановлення проходження етапів онтогенезу, забур'яненості та урожайності культури; лабораторний – для визначення показників родючості ґрунту; порівняльно-розрахунковий – для визначення продуктивності, економічної і енергетичної ефективності вирощування ячменю ярого; статистичні: дисперсійний, кореляційний, регресійний – для визначення точності та достовірності експериментальної інформації.

Наукова новизна одержаних результатів. Уперше в умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземі типовому середньо-суглинковому здійснено всебічну агротехнічну, економічну та енергетичну оцінку варіантів основного (полицевий – оранка на 23–25 см, безполицевий мілкий – дискування на 14–16 см та безполицевий поверхневий – дискування на 6–8 см) та попередників (кукурудза на зерно, ріпак озимий, соя та соняшник) за вирощування ячменю ярого.

Удосконалено науковий підхід щодо вибору основного обробітку ґрунту та попередника для ячменю ярого, спрямований на покращення агрофізичних та агрохімічних показників родючості ґрунту, контроль забур'яненості та підвищення урожайності культури.

Набули подальшого розвитку економічне й енергетичне обґрунтування оптимізації основного обробітку ґрунту та попередників для ячменю ярого, а також рекомендації щодо їх впровадження в господарствах Правобережного Лісостепу України.

Практичне значення одержаних результатів полягає у науковому обґрунтуванні й розробленні рекомендацій виробництву для впровадження раціонального варіанту основного обробітку ґрунту та попередника в технології вирощування ячменю ярого з метою покращення основних параметрів родючості чорнозему типового середньо-суглинкового та отримання економічно та енергетично доцільної урожайності культури.

Результати досліджень пройшли виробничу перевірку та впроваджені у сільськогосподарське виробництво ФОП «Полотняк Василь Борисович», с. Красилівка Білоцерківського Київської області на площі 20 га і в ВП НУБІП України «Агрономічна дослідна станція», с. Пшеничне Білоцерківського району Київської області на площі 11,5 га. Результати впровадження довели доцільність і ефективність застосування раціонального варіанту основного обробітку ґрунту та попередника в технології вирощування ячменю ярого з метою покращення основних параметрів родючості чорнозему типового середньо-суглинкового та отримання економічно та енергетично доцільної урожайності культури:

- використовувати як попередник для культури – сою;
- основний обробіток проводити безполицевим способом дисковими боронами на глибину 14–16 см.

За результатами проведених виробничих випробувань отримано вищий результат врожайності на 1,0 т/га, у результаті чого забезпечило найвищу рентабельність вирощування ячменю ярого – 105,2%.

Особистий внесок здобувача. Здобувачем опрацьовано та узагальнено наукові дані вітчизняних та іноземних авторів за темою дисертації, під керівництвом наукового керівника безпосередньо взято участь в обґрунтуванні напрямку досліджень, розробленні програми та методики його виконання, закладанні польових дослідів і фенологічних спостережень, виконанні польових і лабораторних аналізів та узагальненні їх результатів, підготовці публікації, впровадженні результатів досліджень у виробництво. Основні наукові положення дисертації, висновки і рекомендації виробництву сформульовано здобувачем особисто.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень та основні положення дисертації оприлюднено й обговорено на: Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів (Київ, 2023); Міжнародній науково-практичній конференції «Продовольча безпека України. Збереження та відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів» (м. Київ, 2025 року)

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 5 наукових праць, зокрема 3 наукові праці у наукових фахових виданнях України, 2 наукові праці – тези за матеріалами конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, 7 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаної літератури, додатків. Загальний обсяг дисертації становить 197 сторінок, містить 21 таблицю та 13 рисунків. Список використаних джерел налічує 317 найменувань, з яких 158 латиницею.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕННЯ (огляд літератури)

1.1. Сучасний стан та перспективи виробництва зерна ячменю ярого в Світі та Україні

Ячмінь (*Hordeum vulgare*) вважається однією з найдавніших зернових культур, що вирощувалася людьми. Ця рослина була однією з перших, яку люди свідомо почали культивувати, і вона має велике значення як харчовий продукт та для виробництва пива. У сільському господарстві він цінується за короткий вегетаційний період, невибагливість до умов вирощування та універсальне використання – як для продовольчих, кормових, так і технічних цілей [317, 298].

Ячмінь ярий є однією з основних культур у світі, і вирощується по всьому світі, як продовольча та технічна культура. У світі ярий ячмінь становить приблизно 65–70 % загального виробництва ячменю, тоді як решта – це озимі форми. У той час як традиційно зерно ячменю використовується для виробництва пива та кормів для тварин, зростаючий попит на цю культуру в сільському господарстві пов'язаний з розширенням її використання для виробництва харчових продуктів та як джерело функціональних інгредієнтів для харчової промисловості [298].

Світове виробництво ячменю ярого знаходиться на високому рівні, що спричинене зростанням попиту як на внутрішньому, так і на експортні ринки. За даними FAO за останні роки, світові площі під ячменем складають близько 47–50 млн га, з яких понад третину припадає на ячмінь ярий. За даними 2023 року, що підтверджує FAO, світове виробництво зерна ячменю ярого упродовж останніх п'яти років коливалося в межах 130–145 млн тонн, з незначними щорічними змінами залежно від погодних умов та попиту на світових ринках. Найбільшими виробниками ячменю ярого залишаються Європейський Союз (особливо Франція, Німеччина, Іспанія), Австралія, Канада, Туреччина та Аргентина та Україна, які стабільно входять до десятки лідерів за обсягами

виробництва цієї культури. Саме ці країни формують основну частку в структурі світового експорту ячменю. В останні роки частка України в загальному виробництві скоротилася через воєнні дії та обмеження у сільськогосподарському виробництві, проте країна й далі залишається помітним гравцем на світовому ринку фуражного ячменю [151].

За даними Світового банку (WITS, 2023), основними експортерами є Австралія, Франція, Німеччина, Канада та Україна, які забезпечують понад 60 % світового обсягу постачання ячменю. Варто зазначити, що Канада та Австралія переважно вирощують ярі форми ячменю, орієнтуючись на виробництво високоякісного пивоварного зерна, що користується стабільним попитом на міжнародному ринку. У цих країнах діє добре розвинена інфраструктура селекції, зберігання та експорту сортів ячменю, придатних для солодовиробництва, що дозволяє підтримувати провідні позиції у глобальній торгівлі [150].

Особливу цінність ячмінь ярий має в пивоварній промисловості, де висуваються жорсткі вимоги до якості зерна [104]. Крім того, зерно ячменю широко використовується для годівлі тварин і як сировина для харчової промисловості. З огляду на сучасні кліматичні зміни, зростання попиту на високоякісне зерно та інтенсифікацію сільського господарства, вирощування ячменю ярого зберігає свою актуальність і стратегічне значення.

Нині у світі серед розповсюджених в аграрному виробництві злакових сільськогосподарських культур ячмінь за розмірами посідає четверте місце після пшениці, рису і кукурудзи [138]. У таблиці 1.1 наведено динаміку основних показників виробництва ячменю в світі за останні п'ять років, включаючи загальні обсяги валового збору, площу збирання та середню урожайність.

Таблиця 1.1

Світове виробництво ячменю, 2020–2024 рр.

Рік	Виробництво, млн т	Площа збирання, млн га	Середній урожай, т/га
2020	~145	≈ 47	≈ 3,1
2021	~146–148	≈ 47	≈ 3,1–3,2
2022	~153	≈ 48	≈ 3,2–3,3
2023	~146	≈ 47	≈ 3,2
2024	~152	≈ 47	≈ 3,2

Впродовж аналізованого періоду спостерігається відносно стабільна ситуація щодо площ вирощування культури, які варіювалися в межах 47–48 млн га. Найвищий обсяг виробництва ячменю зафіксовано в 2022 році – близько 153 млн тонн, що обумовлено зростанням середньої урожайності до 3,3 т/га. У 2023 році обсяги дещо знизилися, проте вже у 2024 році тенденція змінилася на зростаючу – виробництво становило близько 152 млн тонн, а врожайність утрималася на рівні 3,2 т/га. Таким чином, вирощування ячменю у світі демонструє стійку динаміку з помірним зростанням, що свідчить про стабільний попит та адаптивні можливості культури в умовах зміни клімату [49].

Україна також займає провідне місце серед зернових, де ячмінь поступається лише пшениці. Загальні посівні площі під ячменем становлять близько 1,5–2,5 млн га, при цьому частка ячменю ярого варіює від 50 до 70% залежно від року та погодних умов. Основні регіони вирощування ячменю ярого – це Степ і Лісостеп України, зокрема правобережна частина Лісостепу, де формуються досить сприятливі умови для отримання стабільних урожаїв [121, 190, 268].

В Україні ячмінь ярий є однією з провідних зернових культур, що має значне економічне значення. Протягом останнього десятиріччя середня врожайність ячменю ярого в країні становила 2,2–3,4 т/га, що суттєво поступається потенційним можливостям сортів та результатам передових сільськогосподарських підприємств. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України та аналітичних звітів USDA/FAS, у 2015–2023 роках урожайність культури переважно коливалась на рівні 2,9–3,4 т/га, із пікоподібними показниками до 3,6–3,7 т/га у найбільш сприятливі за погодними умовами роки (World Agricultural Production, USDA, 2024) [140].

Основними причинами низької реалізації біологічного потенціалу сорту є несприятливі кліматичні умови, зокрема весняні посухи та зниження вологозабезпечення у фазах кущення і колосіння, що є критичними для формування врожаю. Встановлено, що нерівномірність опадів і високі температури значно скорочували тривалість фаз розвитку, що прямо впливало на зниження урожайності (від 2,52 до 6,92 т/га) [186].

Ще одним стримуючим фактором є низький рівень застосування мінеральних добрив та неякісний або спрощений основний і передпосівний обробіток ґрунту, що негативно впливає на доступність поживних речовин і води. В умовах інтенсифікації землеробства все більшої актуальності набуває питання підбору сортів, адаптованих до стресових умов вирощування, особливо у Степовій і Лісостеповій зонах України [51]. Нерідко використовуються сорти з недостатньою посухостійкістю або незбалансованими морфо-фізіологічними властивостями, що знижує ефективність технологій вирощування [36].

У період 2020–2025 років виробництво зерна ячменю ярого в Україні зазнало суттєвих змін, що обумовлено як внутрішніми економічними факторами, так і зовнішніми викликами – зокрема, війною, скороченням посівних площ, зміною кліматичних умов і доступом до ресурсів.

Аналіз динаміки посівних площ, обсягів валового збору та врожайності в таблиці 1.2 свідчить про чітку тенденцію до скорочення загальних посівних площ під ячменем ярим, що зумовлено як економічними чинниками, так і впливом повномасштабної війни, яка спричинила втрату частини територій та обмеження у веденні сільського господарства [44, 139, 148].

Таблиця 1.2

**Динаміка виробництва зерна ячменю ярого в Україні (2020–2024 рр.)
(за даними USDA FAS, 2025; FAO, 2023)**

Рік	Площа (тис. га)	Урожайність, т/га	Валовий збір, млн т	Експорт, млн т
2020	1764	2,75	4,9	2,6
2021	1515	3,26	4,8	2,4
2022	1177	2,52	3,0	1,2
2023	1260	2,86	3,9	1,9
2024 (оцінка)	1290	3,02	3,9	2,1

Упродовж аналізованого періоду відбулося поступове скорочення площ під цією культурою. Донедавна, в 2020 році, виробництво ячменю ярого в Україні характеризувалося відносною стабільністю. Посівні площі під культурою становили 1764 тис. га, що свідчить про збереження інтересу до її вирощування серед аграріїв. Середня урожайність у зазначеному році склала 2,78 т/га, що забезпечило валовий збір на рівні 4,9 млн тонн. Важливим показником ефективності галузі є також обсяги експорту, які в 2020 році сягнули

2,6 млн тонн, що свідчить про високий зовнішньоекономічний попит на українське ячмінне зерно, зокрема ярі форми, які переважно використовуються в пивоварній та кормовій промисловості [150]. Такі результати демонструють порівняно стабільну динаміку виробництва та експортного потенціалу культури за сприятливих погодних умов і відносно сталого попиту на світових ринках. Але у попередні роки позиції України були ще сильнішими. Так, за аналітичними оглядами компаній «Argus Media» та «Baker Tilly», у 2021 маркетинговому році (МР) Україна займала третє місце в світі за обсягами експорту фуражного ячменю, поступаючись лише Австралії та Франції. Це свідчить про високий потенціал галузі в сприятливих економічних та агрокліматичних умовах [134].

У 2021 році спостерігалось деяке скорочення площ під ячменем ярим – до 1647 тис. га, що, ймовірно, було зумовлено структурними змінами в сівозмінах та економічними чинниками. Водночас, завдяки сприятливим агрокліматичним умовам та застосуванню ефективніших агротехнологій, середня урожайність культури зросла до 32,6 ц/га. Це дозволило практично зберегти валовий збір на попередньому рівні – 4,8 млн тонн. Експортні поставки зазнали незначного зниження і склали 2,4 млн тонн, що може свідчити як про внутрішню переробку більшої частини зерна, так і про певне зниження попиту на зовнішніх ринках у порівнянні з попереднім роком [288, 271].

2022 рік став критичним для виробництва ячменю ярого в Україні через повномасштабне військове вторгнення російської федерації, що призвело до масштабних руйнувань інфраструктури, часткової або повної окупації сільськогосподарських територій, а також ускладнення логістики та виробничих процесів. Унаслідок цього посівні площі під культурою різко скоротилися до 1177 тис. га, що є найнижчим показником за останнє десятиріччя [159]. Урожайність знизилась до 2,52 т/га, що свідчить про погіршення агротехнічних умов і вплив стресових факторів. Загальний валовий збір культури скоротився до 3,0 млн тонн. Експортні обсяги зменшилися ще більш суттєво – до 1,2 млн тонн, що було спричинено блокуванням портів, порушенням торговельних ланцюгів і загальною нестабільністю на ринку зерна [288, 140, 271].

Ще до початку війни, ячмінь який був вирощений в 2021–2022 роках, аграріям вдалося вивести, як призначену для експорту культуру, без цінових втрат. Обсяг експорту ячменю з України перевищив на 37 % від 2020 року й становив близько 5,8 млн. тонн [268, 271].

У 2023 році в Україні відбулося часткове відновлення виробництва ячменю ярого після суттєвого спаду, спричиненого війною. Посівні площі зросли до 1324 тис. га, що свідчить про поступове повернення агровиробників до обробітку сільськогосподарських земель навіть в умовах триваючої нестабільності. Відновленню сприяли адаптація технологій до воєнних реалій, активізація міжнародної підтримки та розблокування частини логістичних маршрутів. Урожайність культури також покращилась – досягла 2,95 т/га, що наблизило її до середньорічних довоєнних показників. Загальний валовий збір сягнув 3,9 млн тонн. Позитивна динаміка спостерігалася і в експорті: обсяги постачання на зовнішні ринки зросли до 1,9 млн тонн, що стало результатом стабілізації логістики, розширення альтернативних маршрутів і підвищення попиту з боку міжнародних партнерів [139]. За даними міжнародних джерел, у 2023 році країна посіла 8-ме місце у світі за обсягом вартісного експорту ячменю, реалізувавши його на суму близько 362,4 млн дол. США, що становить приблизно 3,6 % світового експорту (World's Top Exports, 2024; Trend Economy, 2024) [152, 153].

У 2024 році в Україні спостерігалось незначне скорочення посівних площ ячменю ярого – до 1290 тис. га, однак за рахунок підвищення середньої урожайності до 3,02 т/га вдалося зберегти валовий збір культури на рівні попереднього року – 3,9 млн тонн. Така стабілізація виробництва свідчить про адаптацію аграрного сектору до умов тривалого воєнного конфлікту, впровадження ефективніших технологій обробітку ґрунту та добору сортів з кращими адаптивними властивостями. Особливо показовим є зростання обсягів експорту – до 2,1 млн тонн, що вказує на поступове відновлення логістичних ланцюгів, підвищення конкурентоспроможності українського ячменю на зовнішніх ринках та загальну стабілізацію ситуації в галузі зернового виробництва [141].

Згідно з попередніми оцінками «Agritel», підрозділу сільськогосподарської аналітики «Argus», у маркетинговому сезоні 2023–24 років Україна може продовжити опускатися в рейтингу провідних експортерів фуражного ячменю [134].

Прогноз на 2025 р. також передбачає деяке зниження виробничих показників. За попередніми оцінками, за посівних площ близько 1,6 млн га загальний обсяг виробництва складе 5,8 млн тонн, за середньої урожайності 3,63 т/га [281, 135].

Україна традиційно залишається одним з ключових гравців на світовому ринку зернових культур, зокрема ячменю. За даними міжнародних джерел, у 2023 році країна посіла 8-ме місце у світі за обсягом вартісного експорту ячменю, реалізувавши його на суму близько 362,4 млн дол. США, що становить приблизно 3,6 % світового експорту (World's Top Exports, 2024; TrendEconomy, 2024) [152, 153].

1.2. Значення попередників за вирощування ячменю ярого

Правильно підібраний попередник сприяє поліпшенню агрофізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту, забезпечує зменшення фітосанітарного навантаження та знижує витрати на агротехнічні заходи [113].

З агротехнічної точки зору, попередники впливають на структуру ґрунту, аерацію, здатність його до збереження вологи, а також полегшують підготовку поля до сівби. Особливо важливим є чергування культур з різною кореневою системою, біологічними властивостями та тривалістю вегетації. Наприклад, бобові культури після себе залишають добре розвинену кореневу систему, яка покращує проникність ґрунту, і накопичують біологічний азот, що важливо для наступної культури [238, 237, 222].

Екологічне значення попередників полягає в зниженні рівня використання пестицидів та мінеральних добрив завдяки природному збагаченню ґрунту поживними речовинами та пригніченню бур'янів і шкідників. Використання екологічно доцільних попередників сприяє підвищенню мікробіологічної

активності ґрунту, накопиченню гумусу й покращенню екосистемної рівноваги [86, 38].

З економічної точки зору, добір ефективного попередника дає змогу підвищити врожайність ячменю ярого на 15–25 % без збільшення витрат, що істотно підвищує рентабельність виробництва. Окрім того, вдале чергування культур дає змогу зменшити витрати на добрива, гербіциди та інші засоби захисту, а також знижує ризик втрати врожаю внаслідок біотичних або абіотичних стресів. Дослідження Woźniak та інших підтверджує істотний вплив попередників на продуктивність ячменю ярого. Установлено, що вирощування ячменю ярого в сівозміні, на відміну від монокультури, забезпечує вищу врожайність і економічну ефективність. Вирощування культури в сівозміні сприяло покращенню водного режиму, оптимізації мінерального живлення та підвищенню загального рівня агрофізичних властивостей ґрунту. Монокультурне вирощування, навпаки, призводило до зниження врожайності, погіршення родючості ґрунту та зменшення економічної рентабельності [157].

Правильний добір попередника є одним з вирішальних чинників для реалізації потенціалу продуктивності ячменю ярого. Кожна група культур-попередників має свої особливості впливу на родючість ґрунту, фітосанітарний стан поля, забезпечення вологою та доступними поживними речовинами [237, 222]. Таким чином, попередник виконує багатофункціональну роль, формуючи агроєкологічні умови для вирощування ячменю ярого та забезпечуючи сталий розвиток агровиробництва.

Ячмінь ярий належить до культур, які є досить чутливими до попередників. Його коренева система відносно слабо розвинена, а період вегетації короткий, тому ця культура не має достатнього часу для компенсації несприятливих агрофізичних та агрохімічних умов ґрунтового середовища, які часто залишаються після невідповідних попередників. Через це для формування стабільного врожаю ячменю необхідно висівати його після культур, що залишають поле чистим від бур'янів, малозаселеним збудниками хвороб і шкідниками, а також добре оструктуреним і поживно збалансованим [167, 235].

Головними факторами зниження продуктивності та якості урожаю ячменю є забезпечення вологою, елементами живлення та пошкодження рослин шкідниками. Великий вплив на пошкодження рослин шкідниками має структура посівних площ, адже збільшення площі під зерновими культурами до 70 % призводить до суттєвого зниження врожаю культури. Також слід врахувати появу нових інтенсивних сортів, які вимагають особливого підходу не тільки до системи удобрення, а і до захисту від шкідників [234].

Сівозміна є основою регуляції чисельності шкідливих організмів, особливо спеціалізованих їх видів і, як правило, дозволяє тримати їх кількість нижче порогу шкодочинності. У випадку не дотримання науково обґрунтованого чергування культур, спостерігається масове розмноження шкідників. У досліджах Оничка В. І. було встановлено найкращі попередники ячменю ярого, які сприяють зменшенню кількості зимуючих шкідливих видів фітофагів, і цим самим знижують шкідливий вплив на культуру як на перших етапах органогенезу, так і в подальшому впродовж вегетації. Оптимальними попередниками в умовах північно-східного Лісостепу України під ячмінь ярий за його твердженнями є просапні культури – картопля та соняшник. Зокрема, за вирощування культури після соняшника, чисельність ґрунтових фітофагів зменшується у 1,2–1,5 рази, що призводить до підвищення врожайності на 6–12 %, порівняно з сівбою після зернових культур [256]. Проте, озимі зернові культури можуть бути задовільними або добрими попередниками для ячменю ярого за умови своєчасного збирання, помірного виснаження вологи й поживних речовин [273, 315, 29].

Таким чином, в умовах кліматичної нестабільності та зростання частоти посушливих періодів, застосування озимих зернових культур як попередників для ячменю ярого потребує адаптивного підходу. Рекомендується враховувати фактичні запаси вологи в ґрунті, оптимізувати строки збирання попередника, а також застосовувати вологозберігаючі агротехнічні прийоми або висівати ранньостиглі сорти ячменю, які менше «висушують» ґрунт. Це дозволить мінімізувати негативний вплив дефіциту вологи та забезпечити стабільну продуктивність ячменю ярого [291, 193, 191, 309].

Серед усього спектру можливих попередників для ячменю ярого, найбільш сприятливі агрохімічні умови формуються після бобових культур, тоді як менш ефективними в цьому аспекті є кукурудза та соняшник. Завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями бобові культури можуть залишати після себе в орному шарі до 60–90 кг/га азоту, що значно знижує потребу в мінеральних добривах для наступної культури [86]. Після бобових у ґрунті зберігається більше вологи, ніж після інших культур, а також він краще розпушений і багатий на органічну речовину. Це сприяє кращому проростанню насіння ячменю, активному розвитку кореневої системи та рівномірним сходам. За даними Літвінова Д. В. в умовах Лівобережного Лісостепу після сої концентрація нітратного азоту в орному шарі була в середньому на 20–25 % вищою, ніж після кукурудзи [237]. Вищенаведене узгоджується з результатами, отриманими Zentner та ін., які відзначили, що попередники з родини бобових сприяють накопиченню доступного азоту без додаткового удобрення, особливо в умовах короткоротаційних сівозмін [33].

Дослідження, проведені в провінції Саскачеван (Канада), доводять, що після попередників-бобових – гороху, люпину або сочевиці – урожай ячменю ярого на наступний рік був вищим на 21 % у порівнянні з монокультурою ячменю. Переваги пояснюються як азотним ефектом, так і покращенням фізичних властивостей ґрунту, що не можуть бути компенсовані жодним рівнем мінерального азоту. Соя, як ранньостигла бобова культура, залишає поле чистим від бур'янів і не погіршує фітосанітарний стан. Після гороху поле також добре очищується, а кореневі залишки швидко мінералізуються [52]. Схожі результати показали дослідження, проведені Maw M. J. W. та ін. та Jaskulska I. та ін. За їхніми даними, бобові попередники забезпечували підвищення врожаю ячменю ярого на 6–14 % через залишковий азот, який утворився завдяки біологічній фіксації. Врожай стабільно реагував на внесення азоту в межах 90–120 кг/га [80, 64].

Після багатьох попередників, особливо озимих зернових культур, ґрунт може залишатися надмірно сухим. Цей фактор ускладнює проведення якісного основного, а іноді й передпосівного обробітку ґрунту, а також знижує рівень

вологозабезпечення в період проростання насіння ячменю. Особливо критичним такий вплив є за ранньої сівби в умовах Правобережного Лісостепу України, де запаси продуктивної вологи на момент сівби часто виступає основним лімітуючим чинником для формування дружніх та повноцінних сходів культури [107, 289]. Окрім того, це може призводити до утворення ґрунтової кірки, що негативно впливає на проростання насіння і знижує рівень його польової схожості. Як наслідок, спостерігається зменшення густоти рослин, пригальмовується їхній початковий ріст і розвиток, що, зрештою, призводить до зниження потенціалу урожайності ячменю ярого [35, 162].

Серед технічних культур, які найчастіше використовуються як попередники в умовах Лісостепу України, слід відзначити ріпак озимий, соняшник, кукурудзу а також буряки цукрові, гірчицю, льон та коріандр [283, 277].

Ріпак озимий є одним з найкращих попередників для ячменю ярого завдяки ранньому строку збирання, що дозволяє якісно провести основний та передпосівний обробіток ґрунту. Результати дослідження Прокопчука О. М. вказують, що після ріпаку в ґрунті накопичується більше продуктивної вологи, ніж після пізньостиглих попередників, що позитивно впливає на енергію проростання насіння та густоту сходів ячменю. Також він покращує фітосанітарний стан ґрунту, пригнічуючи розвиток деяких патогенних мікроорганізмів [283].

За дослідженнями науковців було встановлено, що якраз після ріпаку та бобових культур були зафіксовані найбільші показники рухомого фосфору, де інтенсивне коренеутворення сприяє мобілізації важкорозчинних його форм [220, 171]. Це підтверджується і дослідженнями Maw et al., в яких встановлено, що на ґрунтах Середнього Заходу США після люпину та сої вміст фосфору у шарі 0–30 см був значно вищим, ніж після злакових попередників, зокрема кукурудзи [80].

Але, на відміну від інших злакових попередників, кукурудза на зерно є одним із найпоширеніших у сівозмінах, де вирощується ячмінь ярий. Основною перевагою цієї культури є високий рівень продуктивності, здатність до

ефективного використання вологи та поживних речовин, а також здатність покращувати агрофізичні властивості ґрунту через значну масу кореневих і післяжнивних решток. Проте на практиці її ефективність як попередника для ячменю ярого є суперечливою й значною мірою залежить від погодних умов і агротехнічних підходів [209].

Потрібно також враховувати умови забезпечення ґрунту вологою, тому що ячмінь ярий дуже чутливий до надмірної вологості ґрунту. А на заболочених ґрунтах і недостатньо розпушених із близьким заляганням ґрунтових вод, він значно різко знижує свою врожайність [209, 233, 234]. Актуальність вибору попередника також підтверджено дослідженнями Породька М. А., де встановлено, що вирощування ячменю ярого після кукурудзи на зерно за оптимального удобрення забезпечувало найвищу врожайність (4,88 т/га) та найменше водоспоживання на одиницю продукції. Натомість після сої урожайність знижувалась (4,39 т/га), а коефіцієнт водоспоживання зростав. Це свідчить про значну роль попередника у формуванні водного та продуктивного режимів ячменю ярого [276].

Значний вплив попередника на водозабезпечення ячменю ярого підтверджено також у роботі Усика С. В., в якій вивчено весняні запаси доступної вологи в ґрунті під посівами ячменю залежно від розміщення в короткоротаційних сівозмінах. Автор довів, що найбільший запас вологи в метровому шарі ґрунту формувався після багаторічних трав і зернобобових культур, тоді як після кукурудзи, соняшнику та цукрового буряка ці показники були значно нижчими. Така різниця, за даними дослідника, безпосередньо впливала на схожість, густоту посівів і, як наслідок, на продуктивність ячменю [301]. Проте, у дослідженні Буряка Ю. І. та ін. було відмічено, що ячмінь ярий навіть за розміщення його після кукурудзи, але за умов достатнього органо-мінерального живлення, формував високі урожайність та посівні якості насіння [277].

Слід відмітити, що кукурудза, порівняно з бобовими культурами (горох, соя, люпин), не збагачує ґрунт на доступні форми азоту, оскільки не має здатності до симбіотичної фіксації. Це зумовлює підвищену потребу у внесенні

азотних добрив під ячмінь за розміщення його після цієї культури [293]. До того ж, велика кількість грубих рослинних решток, що залишаються після збирання кукурудзи, може ускладнювати якісний основний обробіток ґрунту, а при несприятливих умовах – стати джерелом розвитку фузаріозних хвороб [79]. У порівнянні з іншими культурами, за даними досліджень Літвінова Д. В., урожайність ячменю ярого після кукурудзи була на 10–15 % нижчою, ніж після сої та гороху, за однакових умов обробітку ґрунту та мінерального живлення [237]. Подібну тенденцію підтверджено у дослідях, проведених Povilaitys та ін. За їхніми даними, посіви ячменю після кукурудзи характеризувалися нижчим вмістом мінерального азоту в орному шарі ґрунту та меншим коефіцієнтом використання вологи з ґрунту [107].

Водночас, за умов оптимального удобрення та належного обробітку, кукурудза може бути доцільним попередником, особливо на добре окультурених ґрунтах з високим вмістом гумусу. Дослідження показали, що у разі використання диференційованої системи удобрення та мульчувального обробітку, урожайність ячменю після кукурудзи може бути лише на 4–6 % нижчою, ніж після бобових, і навіть вищою, ніж після ріпаку [294].

Zentner у своїх дослідженнях порівнює кукурудзу з льоном, де описує, що кукурудза є гіршим попередником, а після збирання льону в ґрунті залишається незначна кількість післяжнивних решток, що зменшує ризик поширення збудників хвороб та шкідників, а також забезпечує сприятливі умови для передпосівного обробітку [33, 34]. Схожі результати були отримані також [185, 108]. Водночас, льон-довгунець, який потребує значної кількості вологи на ранніх етапах росту, може спричинити часткове висушування верхнього шару ґрунту. Це особливо актуально для умов Правобережного Лісостепу України, де волога є одним із головних лімітуючих чинників за вирощування будь-якої культури, зокрема і ячменю ярого [164, 26, 253].

Соняшник є однією з основних технічних культур, що широко вирощується в Україні завдяки високій прибутковості та позитивному впливу на фізичні властивості ґрунту. Проте, як попередник у сівозміні, має неоднозначну репутацію. З агротехнічного боку, він сприяє поліпшенню структури ґрунту

завдяки глибокій кореневій системі, що забезпечує біологічне розпушування. Також характеризується високою економічною ефективністю, оскільки забезпечує значний рівень рентабельності, що дає змогу компенсувати витрати на вирощування наступної культури в сівозміні. При цьому, з екологічної точки зору його вирощування має певні недоліки: він інтенсивно споживає запаси вологи й поживних речовин із ґрунту, а також може залишати після себе підвищений інфекційний фон через накопичення збудників хвороб. При плануванні висіву ячменю ярого після соняшнику важливо враховувати фітосанітарну ситуацію на полі, яка формується внаслідок накопичення патогенних організмів та їх тривалої життєздатності у ґрунтовому середовищі [53, 302].

Так як до основних захворювань, які уражують соняшник, належать фомоз (*Phoma macdonaldii*), фомопсис (*Diaporthe helianthi*), сіра та біла гнилі (*Sclerotinia sclerotiorum*), вугільна стеблова гниль (*Macrophomina phaseolina*) та альтернаріоз (*Alternaria helianthi*), то збудники цих хвороб мають здатність тривалий час зберігатися у ґрунті або на рослинних рештках у формі склероцій і мікросклероцій, зберігаючи інфекційний потенціал протягом кількох років [53, 93]. Особливої уваги заслуговують *Sclerotinia* та *Macrophomina*, оскільки вони можуть уражувати широкий спектр сільськогосподарських культур, включно з ярим ячменем. Найбільш вразливими до ураження цією інфекцією є молоді рослини в умовах надлишкової вологості або при загущенні посівів, що погіршує аерацію і сприяє розвитку патогенів [66].

Загалом соняшник, попри високу господарську цінність, вважається менш бажаним попередником для ячменю через надмірне висушування ґрунту, повільну мінералізацію поживних решток і здатність залишати після себе патогенну мікрофлору. За даними Мельника Ю. П. та Савченка М. В., після соняшнику рівень продуктивної вологи в орному шарі знижується на 18–22 % порівняно з озимим ріпаком, що зменшує польову схожість і затримує розвиток сходів ячменю ярого [250]. Про негативний вплив соняшника як попередника для зернових культур, також описує дослідник Nielsen з своїми співавторами. Вони вказують на те, що в умовах сухого степу центральної частини США за даними

багаторічних польових досліджень, розміщення зернових після соняшнику призводило до зниження урожайності пшениці на 15–20 %, а проса – до 25–30 % у порівнянні з іншими попередниками, такими як сорго або кукурудза. Основними причинами було: високе споживання вологи соняшником із глибоких шарів ґрунту (до 2,5 м), що призводить до погіршення водного режиму на момент сівби наступної культури; алелопатичний вплив залишків рослин, який може пригнічувати проростання та розвиток зернових; погіршення фітосанітарного стану поля, зокрема через зростання ураження *Sclerotinia sclerotiorum* та інших ґрунтових патогенів [149, 41].

Однією з важливих агрономічних переваг соняшнику як попередника для ярих зернових культур, зокрема ячменю ярого, є його здатність позитивно впливати на фізичні властивості ґрунту. Завдяки добре розвиненій стрижневій кореневій системі, яка проникає на глибину 1,5–2,5 м, соняшник здатен активно структурувати не лише орний, а й підорний шар ґрунту. Така дія має комплексний ефект, що включає: покращення аерації та водопроникності ґрунту; розпушення ущільнених горизонтів; підвищення стійкості ґрунтових агрегатів до руйнування; зменшення поверхневого стоку та запобігання ерозійним процесам [59, 123, 280].

1.3. Значення основного обробітку ґрунту за вирощування ячменю ярого

Обробіток ґрунту це один з основних заходів, що суттєво впливає на ріст і розвиток сільськогосподарської культури. Продуктивність ячменю ярого значною мірою залежить від якісно проведеного обробітку ґрунту. Він впливає на поживний, тепловий, водний режими ґрунту, а також на забур'яненість посівів, створює умови для кращого проростання коренів у глибші шари ґрунту, а також активізації мікробіологічних процесів.

Підбираючи систему обробітку ґрунту слід враховувати такі фактори, як: попередники, ґрунтово-кліматичні умови, ступінь забур'яненості та інші. Для вирощування ячменю ґрунт повинен бути нещільним і чистим від бур'янів. Відомо, що на переущільнених ґрунтах відбувається пригнічення та порушення

росту коренів та починає жовкнути листя культури. Тож, для одержання високих урожаїв ячменю необхідно дотримуватись відповідної системи обробітку ґрунту, яка повинна враховувати родючість ґрунтів, кліматичні та погодні умови, рельєф місцевості, агротехнологічні карти на кожне поле сівозміни. Така система складається з основного (зяблевого) та передпосівного обробітків і залежить від попередників [208, 73].

Ячмінь надзвичайно добре реагує на глибоку оранку, яка суттєво змінює будову ґрунту та сприяє його аерації, що дає можливість розвитку потужної кореневої системи рослин. Але у зарубіжній практиці дедалі більшого поширення набувають технології мінімального та нульового обробітку ґрунту. Lal у своїх дослідженнях зазначив, що система no-till сприяє покращенню агрофізичних властивостей ґрунту, накопиченню органічної речовини, зменшенню викидів вуглекислого газу та підвищенню стійкості агроєкосистем до змін клімату [70]. У контексті вирощування ячменю ярого, за даними досліджень науковців з Канади та США, використання нульового обробітку дозволило зберегти до 20–30 % ґрунтової вологи у критичні фази росту культури, що позитивно вплинуло на врожайність [32].

Основний обробіток ґрунту для ячменю ярого дуже важливий, хоч за сучасних умов ведення землеробства на обробіток ґрунту припадає 40 % фінансових та енергетичних затрат. Проте, він є ключовим елементом технології вирощування культури, оскільки безпосередньо впливає на водний, поживний та повітряний режими ґрунту, формування структури орного шару, розвиток кореневої системи рослин і, в кінцевому підсумку, на продуктивність культури. У Лісостеповій зоні України ефективність системи обробітку значною мірою залежить від типу ґрунтів, рельєфу місцевості та кліматичних умов [101, 122].

За даними Танчика С. П. та ін. та Пелех Л. В., для ярих культур важливо використовувати зяблевий обробіток. Він має значні переваги перед весняним. Урожай ячменю ярого після весняної оранки знижується на 10–30 %. Зяблева оранка забезпечує у посушливі роки краще використання осінньо-весняних опадів, а в дощові – швидше прогрівання ґрунту. А це дозволяє, у свою чергу, висівати ячмінь в ранні строки [208, 263].

Позитивно впливає на початкові етапи росту ячменю ярого застосування оранки. Завдяки глибокому розпушенню створюються умови для розвитку міцної й розгалуженої кореневої системи, покращується повітрообмін, активізується мікробіологічна діяльність. Оранка зменшує щільність ґрунту в посівному шарі, що сприяє швидкому проростанню насіння та формуванню вирівняних сходів [42]. J. Li та ін. у свої дослідженнях стверджують, що глибока оранка ефективно розпушує ґрунт та покращує його аерацію, дренаж і здатність до збереження вологи в орному шарі. Одночасно цей прийом забезпечує глибоке загортання рослинних решток, насіння бур'янів і збудників хвороб, що суттєво зменшує їхню шкідливість у наступному вегетаційному періоді. Особливо це актуально в умовах сівозмін з короткою ротацією та високого фітосанітарного навантаження на ґрунт [19]. Дослідження зарубіжних учених засвідчують, що традиційний полицевий обробіток (оранка) забезпечує стабільну агрофізичну структуру ґрунту, сприяє збереженню вологи та зменшенню засміченості посівів. Наприклад, за результатами багаторічного польового експерименту, проведеного в штаті Міннесота (США), науковці Zentner, R. P., Lafond, G. P та ін. дійшли висновку, що полицевий обробіток значно зменшує щільність ґрунту та покращує доступність вологи на глибині 20–30 см у порівнянні з безполицевими системами. Аналогічно, у дослідженнях Friberg, H., Persson, P та ін. встановлено, що оранка з оборотом пласта дозволяє покращити фітосанітарний стан за рахунок зниження чисельності ґрунтових фітофагів та збудників корневих гнилей [34, 100].

За полицевого обробітку ґрунту також зменшується забур'яненість, порівняно з безполицевими та мінімальними системами, що пов'язано з глибоким загортанням насіння бур'янів та руйнуванням їх проростків унеможливаючи їх проростання в наступному вегетаційному періоді. За даними Skuodienė R. Та ін. традиційна оранка залишається ефективним інструментом у системі контролю бур'янів, особливо в умовах органічного землеробства або зниженого рівня хімічного захисту. Полицевий обробіток зменшує здатність насіння бур'янів до проростання, знижуючи тим самим конкурентний тиск небажаної рослинності на культурні рослини [15].

Результати багаторічних дослідів, проведених Zamljen, S. A., Rovnšek, A., та Leskovšek, R. в умовах чергування кукурудзи та сої, підтвердили, що полицевий обробіток сприяє зменшенню щільності насінневого банку окремих видів бур'янів, у порівнянні з технологіями мінімального та нульового обробітку. Водночас було відзначено, що чисельність деяких видів, таких як *Chenopodium album*, була вищою саме в умовах глибокої оранки та чизелювання. [158]. Схожі дані також наводить Clements D. R. та ін. [131].

Результати багаторічних досліджень, проведених Медведєвим Е. Б. в умовах північного Степу України підтверджують, що спосіб основного обробітку ґрунту істотно впливає на рівень забур'яненості агроценозів культур у зерно-паро-просапній сівозміні. Зокрема, у варіантах з безполцевим обробітком, за рахунок концентрації насіння бур'янів у поверхневому шарі, спостерігалось збільшення чисельності малорічних видів бур'янів, особливо у посівах гороху. Проте, цей ефект не супроводжувався зростанням повітряно-сухої маси бур'янової рослинності, що свідчить про обмежений розвиток надземної біомаси в цих умовах. Полцевий обробіток, натомість, зменшував кількість бур'янів завдяки загортанню насіння на значну глибину, однак за умов застосування мінеральних добрив фіксувалося збільшення маси бур'янів, ймовірно, через поліпшене мінеральне живлення бур'янових рослин, які проростали з глибших горизонтів ґрунту [248].

Результати сучасних досліджень підтверджують необхідність інтеграції різних підходів до обробітку ґрунту з урахуванням еколого-агрономічних умов, що є особливо важливим для підвищення сталості виробництва та раціонального використання ресурсів. У ході розвитку агротехнологій в Україні відбувся суттєвий перехід від класичного полицевого обробітку до альтернативних, менш енергоємних методів. Традиційна оранка з оборотом пласта тривалий час вважалася основою ґрунтообробної системи, забезпечуючи глибоке розпушення, боротьбу з бур'янами та покращення умов мінералізації поживних речовин. Проте, численні наукові дослідження у другій половині XX століття вказували на її недоліки – зокрема, інтенсифікацію ерозійних процесів, втрату вологи та руйнування ґрунтової структури [174, 42].

Зокрема, О. І. Ряба та ін. у своєму історико-науковому огляді зазначають, що ще з 1950–60-х років українські дослідники почали активно вивчати ефективність безполицевих і поверхневих способів обробітку [174]. Було доведено доцільність застосування мілкого дискування, чизелювання та плоскорізного розпушення у сівозмінах, де можливе збереження післяжнивних решток для запобігання ерозії. Такі методи мали перевагу над оранкою за умов схильності ґрунтів до вітрової та водної ерозії [228, 291].

Нині науковці дотримуються думки, що жорстке дотримання лише одного способу основного обробітку (наприклад, постійна оранка) є недоцільним та може призводити до деградації ґрунтової структури, зниження гумусного стану та підвищення вразливості агроценозів до біотичних і абіотичних стресів. Натомість, все більшої актуальності набуває диференційований підхід до основного обробітку ґрунту, який передбачає адаптацію агротехнічних прийомів до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, типу попередника, агрофону та наявного фітосанітарного стану [145, 154, 287]. Як показали дослідження Graziani та ін., тривале застосування однієї системи обробітку ґрунту істотно впливає не лише на щільність бур'янового банку, але й на його видовий склад. У довготривалих органічних системах спостерігалось зростання видової різноманітності бур'янів, що, з одного боку, може сприяти біологічній рівновазі, а з іншого – потребує вдумливого менеджменту щодо ротації культур і механічного контролю [118].

Так, полицевий обробіток залишається актуальним на важких, заплавних ґрунтах або після багаторічних трав, тоді як на легших за механічним складом землях доцільно застосовувати мілкий або нульовий обробіток з мульчуванням [228, 290].

Натомість за мінімального (Mini-till) та нульового (No-till) обробітку спостерігається тенденція до накопичення легкогідролізованого азоту та обмінного калію у верхньому 0–20 см шарі ґрунту, що є позитивним фактором для культур із поверхневою кореневою системою, таких як ячмінь ярий. Однак у товщі 20–40 см вміст цих поживних речовин був нижчим, ніж за полицевого

обробітку, що може обмежувати живлення рослин у посушливих умовах або за глибокого залягання вологи [180].

У сучасних умовах підвищеної вартості енергоресурсів та зростання екологічних вимог актуальним є вибір такої системи основного обробітку ґрунту, яка поєднує високу енергоефективність із мінімальним негативним впливом на ґрунт і довкілля. Результати дослідження Keikha et al. у 2025 році свідчать, що мілкий безполицевий обробіток (дискування) забезпечує оптимальне співвідношення між енергозатратами та продуктивністю культури. У порівнянні з оранкою, мілкий обробіток дозволив знизити загальні витрати енергії на виробництво пшениці, зменшивши споживання пального без істотного зниження врожайності. Натомість, традиційна оранка хоча й створювала глибоко розпушене посівне ложе, але супроводжувалась найвищими енерговитратами через багаторазовий прохід техніки та глибоку інверсію пласта. Цікаво, що система нульового обробітку (no-till), яка демонструвала найнижчі енергозатрати, в окремих випадках спричиняла зниження врожайності внаслідок накопичення бур'янів та ущільнення ґрунту, особливо за відсутності сівозмінної ротації. Тому, автори дослідження рекомендують мілкий безполицевий обробіток як збалансовану альтернативу, здатну забезпечити достатній рівень аерації ґрунту та збереження вологи при значно нижчих енергозатратах [20].

Висновки до розділу 1

Стан динаміки посівних площ та валового виробництва зерна ячменю в Україні і світі дозволяє стверджувати, що впродовж аналізованого періоду простежується чітка залежність між обсягами виробництва ячменю ярого та посівними площами, тоді як врожайність демонструє відносну стабільність з тенденцією до поступового зростання. Це свідчить про наявний потенціал інтенсифікації виробництва культури за умови стабільного доступу до ресурсів і впровадження сучасних технологій вирощування.

Аналіз наукової літератури та досліджень науковців свідчить про ключову роль попередників у формуванні високопродуктивних і стійких агроценозів ячменю ярого. Встановлено, що ефективне розміщення культури в сівозміні

позитивно впливає на агрофізичний стан ґрунту, його зволоження, поживний режим та фітосанітарну ситуацію, що в сукупності забезпечує підвищення врожайності на 15–25 % без додаткових витрат.

Найбільш сприятливі умови для росту і розвитку ячменю формуються після бобових культур, які збагачують ґрунт біологічним азотом, покращують його структуру та залишають поле чистим від бур'янів. Озимі зернові культури є прийнятними попередниками лише за умови своєчасного збирання і достатнього зволоження. Технічні культури, зокрема соняшник і кукурудза, мають як переваги (оструктурення ґрунту, економічна ефективність), так і недоліки (значне висушування ґрунту, фітосанітарні ризики).

Умови Правобережного Лісостепу України висувають особливі вимоги до водозабезпечення ячменю ярого, що потребує врахування фактичних запасів вологи та оптимізації строків сівби. Дослідження підтверджують значний вплив попередника на водний баланс і доступність поживних речовин у ґрунті, що прямо корелює з рівнем врожайності культури.

Фітосанітарний стан є ще одним важливим критерієм у виборі попередника. Неправильне чергування культур сприяє накопиченню шкідників і патогенів, знижуючи життєздатність посівів. Оптимальні попередники дозволяють підтримувати чисельність шкідливих організмів нижче порогу шкодочинності.

Таким чином, добір попередників для ячменю ярого має базуватись на комплексному урахуванні агротехнічних, біологічних, кліматичних та економічних факторів. Перспективним напрямом подальших досліджень є оптимізація сівозмін для різних еколого-кліматичних зон України з урахуванням кліматичних змін і нових вимог до агровиробництва.

Аналіз наукового доробка українських та зарубіжних вчених підтверджує, що в сучасних реаліях не можна однозначно стверджувати про повне домінування того чи іншого заходу основного обробітку ґрунту, оскільки будь-який з них може мати як свої переваги, так і недоліки. Тому, обробіток ґрунту під ячмінь ярий має бути адаптованим до конкретних ґрунтово-кліматичних умов та проводитися з врахуванням попередника.

РОЗДІЛ 2

МІСЦЕ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце проведення досліджень та його ґрунтово-кліматичні умови

Експериментальні дослідження проводилися впродовж 2021–2024 рр. в стаціонарному досліді кафедри землеробства та гербології, закладеному в ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», яка знаходиться в с. Пшеничне Білоцерківського району Київської області. Відповідно до природно-сільськогосподарського районування України, ця територія належить до Лісостепової зони, а саме до провінції – Правобережний Лісостеп, Середньо-Дніпровсько-Бугського природно-сільськогосподарського округу в межах фастівського природно-сільськогосподарського району [227, 243].

Згідно з геоморфологічним районуванням Київської області, територія дослідної станції розташована на межі Васильківсько-Обухівської почленованої рівнини, яка є лесовим акумулятивним плато з пониженням на південь. Територія Агрономічної дослідної станції належить до схилу українського кристалічного щита, що складається з гранітів та гнейсів. Поверхня кристалічних порід покрита осадовими породами третинного періоду палеогену-неогену на глибині до 100 м [316, 285].

Пласти цієї системи розташовані майже горизонтально і вирівнюють стародавній схиловий рельєф кристалічного фундаменту. Третинні відклади, у свою чергу, перекриті більш товстим шаром четвертинних порід, верхні горизонти яких на території господарства представлені лесами. Ці леси є ґрунтоутворюючими породами товщиною 8–10 м. Вони мають палевий колір, добре відсортовані, тонкозернисті, пухкі, здатні до вертикального поділу, водопроникні, з крупнопилювато-легкосуглинковим гранулометричним складом та містять 4–9 %, а в деяких місцях до 23 % карбонатів кальцію [316, 247].

Присутність карбонатів сприяє утворенню ґрунтів з насиченим основами вбирним комплексом, що створює оптимальні умови для накопичення гумусу. Леси є сприятливими для формування ґрунтів з агрономічної точки зору. Ґрунти,

що утворюються на лесах, добре проводять воду, яка легко піднімається по капілярах, зволожуючи верхні шари ґрунту [316].

Однією з негативних властивостей лесів є їх схильність до пилуватості. Вони містять від 66,0 до 71,5 % крупного пилу та 9,6–16,5 % мулу. Через це ґрунти, що утворюються на лесах, мають низьку водостійкість структурних агрегатів, і їх поверхня часто затоплюється водою, утворюючи кірку [247].

Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий середньо-суглинковий. Вміст гумусу в оброблюваному шарі ґрунту 4,05–4,38 %, рН сольової витяжки – 6,9–7,3, ємність поглинання – 32 мг-екв. на 100 г ґрунту. Запас гумусу в метровому шарі становить 387–405 т/га. Ця ґрунтова відміна є типовою для зони Лісостепу, займаючи 54,6 % її території. Ґрунтові води розташовані на глибині 5–6 м (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Фізико-хімічні показники чорнозему типового
(ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція»)**

Глибина шару, см	Гумус, %	рН водне	рН сольове	Гідролітична кислотність, мг-екв. на 100 г ґрунту	Сума основ мг-екв. на 100 г ґрунту	Ємність вбирання мг-екв. на 100 г ґрунту	Ступінь насичення основами, %	Карбонати, %	Об'ємна маса, г/см ³	Питома маса, г/см ³
0–20	4,58	5,60	6,87	1,45	22,96	24,80	92,50	-	1,16	2,59
20–50	4,38	5,85	7,30	0,52	23,32	24,60	94,80	0,52	1,25	2,66
50–100	1,30	7,12	7,30	0,50	21,60	22,80	95,00	4,15	1,27	2,66

Повна вологоємність ґрунту дослідного поля у шарі 0–30 см становить 38,4 %, у шарі 30–45 см – 42,75 %. Польова вологоємність цього ґрунту у товщі 0–30 см сягає 28,2 %, вологість розриву капілярів – 19,7 %, максимальна гігроскопічність – 7,46 %, недоступна для рослин волога – 10 %, загальна щільність у рівноважному стані – 52–55 %.

За рівнем вмісту легкогідролізованого азоту ґрунт дослідного поля характеризується як малозабезпечений, а вміст рухомого фосфору та обмінного калію – як середній (табл. 2.2).

**Агрохімічні показники чорнозему типового, (ВП НУБіП України
«Агрономічна дослідна станція»)**

Глибина шару, см	Вміст загального азоту за Тюрінім, %	Мг/100 г ґрунту		
		Легкогідролізованого азоту за Тюрінім	Рухомого фосфору за Мачигінім	Обмінного калію за Масловою
0–20	0,21	2,6	10,0	7,8
20–50	0,17	1,8	8,0	6,25
50–100	0,04	-	5,1	4,3

Оцінюючи характеристики цього чорнозему, можна відзначити такі його особливості: порівняно висока природна родючість завдяки значному вмісту гумусу та карбонатів, а також добре розвинутій мезо- та мікрофауні; хороша структура ґрунту, оптимальні або близькі до оптимальних показники щільності і пористості; здебільшого нейтральне значення рН; високий рівень насичення основами; значна буферність та сприятливі водно-фізичні властивості.

2.2. Агrometeorологічні умови в роки проведення досліджень

Згідно з науковими дослідженнями, зміни клімату значно впливають на погодні умови, що, у свою чергу, позначається на сільському господарстві. На сьогодні вся територія України знаходиться в зоні ризикованого землеробства, що зумовлено зміщенням кліматичних зон на 100–150 км на північ та захід. Це відбувається через потепління клімату, яке спричиняє частіші та інтенсивніші екстремальні погодні явища, такі як посухи, урагани, зливові дощі та інші катаклізми, а також збільшення їх тривалості [163, 249, 284, 308].

Зміни в погодних умовах безпосередньо впливають на сільське господарство, викликаючи необхідність адаптації до нових кліматичних умов. Наприклад, зміщення зон кліматичних умов на північ і захід може змінити строки вегетації рослин, а екстремальні погодні умови – такі як тривалі періоди посухи або надмірні дощі – значно знижують врожайність сільськогосподарських культур [312, 163].

Враховуючи ці зміни, вирощування сільськогосподарських культур повинно бути адаптованим до конкретних кліматичних змін кожної території. Це вимагає постійного моніторингу змін погодних умов і своєчасного коригування

агрономічних практик. Наприклад, це може включати зміну строків проведення польових робіт, коригування структури посівних площ з урахуванням нових кліматичних особливостей, удосконалення систем обробітку ґрунту, а також впровадження відповідних агрохімікатів для оптимізації росту культур в умовах зміненої вологості або температурних коливань [163, 211].

Ще одним важливим напрямом адаптації є використання сортів культур, стійких до нових кліматичних умов, наприклад, стійких до посухи або холодів, що дозволяє зменшити ризики від несприятливих погодних явищ. Окрім того, застосування сучасних технологій зрошення та дренажу, які можуть регулювати рівень вологості в ґрунті, також є важливим інструментом у боротьбі з екстремальними погодними умовами [211].

Погодні умови є одним із основних факторів, які можуть впливати на результати досліджень та продуктивність сільськогосподарських культур. Нестабільність погодних умов під час проведення досліджень може призвести до значних відмінностей у врожайності різних років. Як зазначає Манько Ю. П., середній вплив погодних умов на варіативність досліджуваних показників може досягати до 70 % [239, 241, 242].

Для об'єктивної оцінки впливу погодних умов на ріст і розвиток сільськогосподарських культур важливо використовувати методику, що дозволяє оцінити відповідність кліматичних явищ агрономічним вимогам. Типовість погодних умов протягом років дослідження визначається за кількома ключовими показниками: кількістю опадів, сумою активних температур (понад 10 °C) і гідротермічним коефіцієнтом (ГТК). Дані про місячний розподіл цих показників, а також їх порівняння з багаторічними нормами, наведені в таблицях 2.1–2.3 та додатках А–А 3.

Аналіз типових погодних умов здійснювався за методикою Ю. П. Манька [240, 242]. Для цього використовувався коефіцієнт адекватності (K_i), який дозволяє оцінити, наскільки фактичні погодні умови відповідають середньому рівню багаторічних даних, що дає змогу визначити їх типову або нетипову природу для кожного конкретного року дослідження.

Для розрахунку K_i відхилення фактичних величин досліджуваної ознаки (x) від багаторічної норми (X) ділять на показник стандартного відхилення (S), який визначається варіаційним аналізом даних досліджуваних величин за методикою Б. А. Доспехова за період 20 років (формула 2.1):

$$K_i = \frac{x-X}{S} \quad (2.1)$$

Адекватність ГТК відносно багаторічних даних оцінювали за показником коефіцієнта істотності (K_i). Згідно шкали, оптимальними є значення коефіцієнту істотності відхилень в межах $0 \div \pm 0,3$; тенденційно завищеними за K_i в межах $+0,4-1$; тенденційно зниженими – K_i в межах $-0,4-1$; істотно завищеними – K_i в межах $+1-2$; істотно зниженими – K_i в межах $-1-2$; екстремально завищеними при $K_i > +2$ та екстремально зниженими при $K_i < -2$ (240).

Упродовж років проведення досліджень спостерігалася значна варіабельність основних метеорологічних показників, зокрема температурного режиму, кількості та розподілу опадів, що суттєво впливало на ріст і розвиток рослин, формування урожайності та ефективність застосованих агротехнологічних заходів.

Роки проведення досліджень різнилися між собою за основними погодними показниками. У 2021, 2022 і в 2023 роках річна кількість опадів становила 455 мм, яка була менша за середньо-багаторічні показники – 550 мм., 538 мм., 305 мм. відповідно, забезпечуючи відносно стабільні умови вологозабезпечення культур у фазі активного росту. За вегетаційний період цих років випало 323 мм опадів, що в межах середньорічних значень – 310 мм та 305 мм. У 2024 році випало опадів 476 мм за рік, з яких за вегетацію 201 мм, що значно менше середніх багаторічних значень і могло обмежувати продуктивність рослин на пізніх етапах розвитку. Таким чином, аналіз річної суми опадів у роки проведення досліджень виявив тенденцію до зниження цього показника відносно багаторічної норми. Незважаючи на окремі роки з показниками, близькими до середньо-багаторічних значень, у цілому простежується зменшення обсягів атмосферних опадів, що особливо помітно в період активної вегетації культур. (дод. А–А 3).

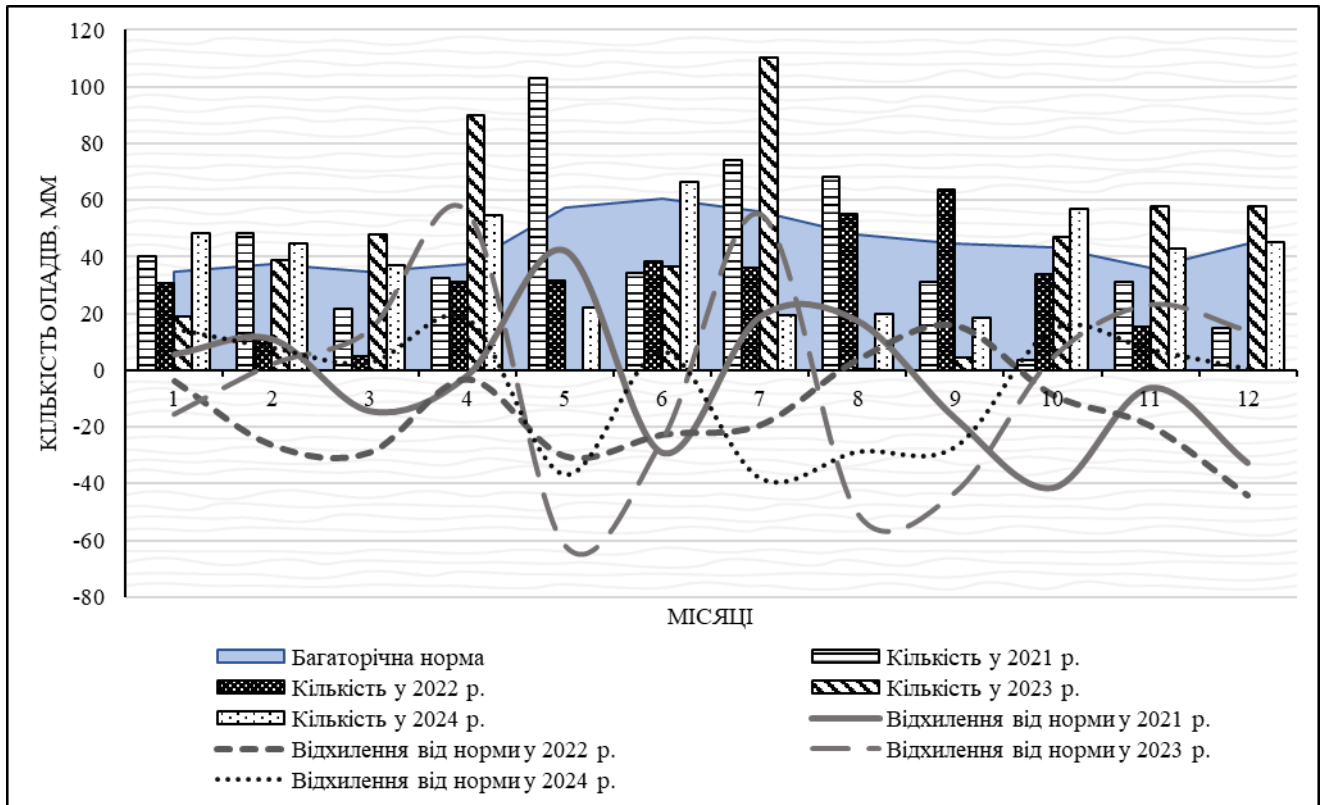


Рис. 2.1. Помісячний розподіл суми опадів та оцінка їх типовості відносно багаторічних показників, 2021–2024 рр.

Попри те, що у роки проведення досліджень річна кількість опадів у цілому відповідала середньо-багаторічним показникам, варто відзначити виражену нерівномірність їх помісячного розподілу (рис. 2.1). Така строкатість проявлялася у значних коливаннях кількості опадів між окремими місяцями вегетаційного періоду: надмірне зволоження в одні місяці змінювалося тривалими бездошовими інтервалами в інші.

Лютий 2021 року мав тенденцію до збільшення кількості опадів – 40 мм, проти 34,5 мм багаторічної норми ($K_i = 0,3$). У подальшому тенденція до дефіциту опадів у березні та квітні ($K_i = -0,5$ та $-0,1$) змінилася достатньою кількістю їх у травні ($K_i = 0,9$).

Червень та вересень мали тенденцію до зменшення кількості опадів.

Згідно спостережень, в квітні місяці 2023 р. випала майже тримісячна норма опадів, що суттєво більше багаторічної норми. Травень 2023 р. був посушливим, а червень мав тенденцію до зменшення кількості опадів. Натомість, в липні випала двомісячна норма опадів – 110,3 мм, проте в серпні кількість опадів була близька до 0 і становила лише 0,5 мм. Лише за рахунок оптимально-ранніх строків сівби ячменю

ярого вдалося сформувати дружні сходи даної культури на фоні недостатньої кількості опадів у квітні місяці. Таким чином, вегетаційний період 2023 року за рівнем зволоження характеризувався строкатістю по місяцям, але у загальному був тотожним за показниками вегетаційному періоду вирощування ячменю ярого у 2022 року.

Важливим показником, що характеризує погодні умови вегетаційного періоду с.-г. культур є сума активних температур ($> 10^{\circ}\text{C}$). Дані рис. 2.2 та дод. А–А 3 засвідчують тенденцію до перевищення цього показника в цілому за вегетаційний період в 2021 та 2024 роках.

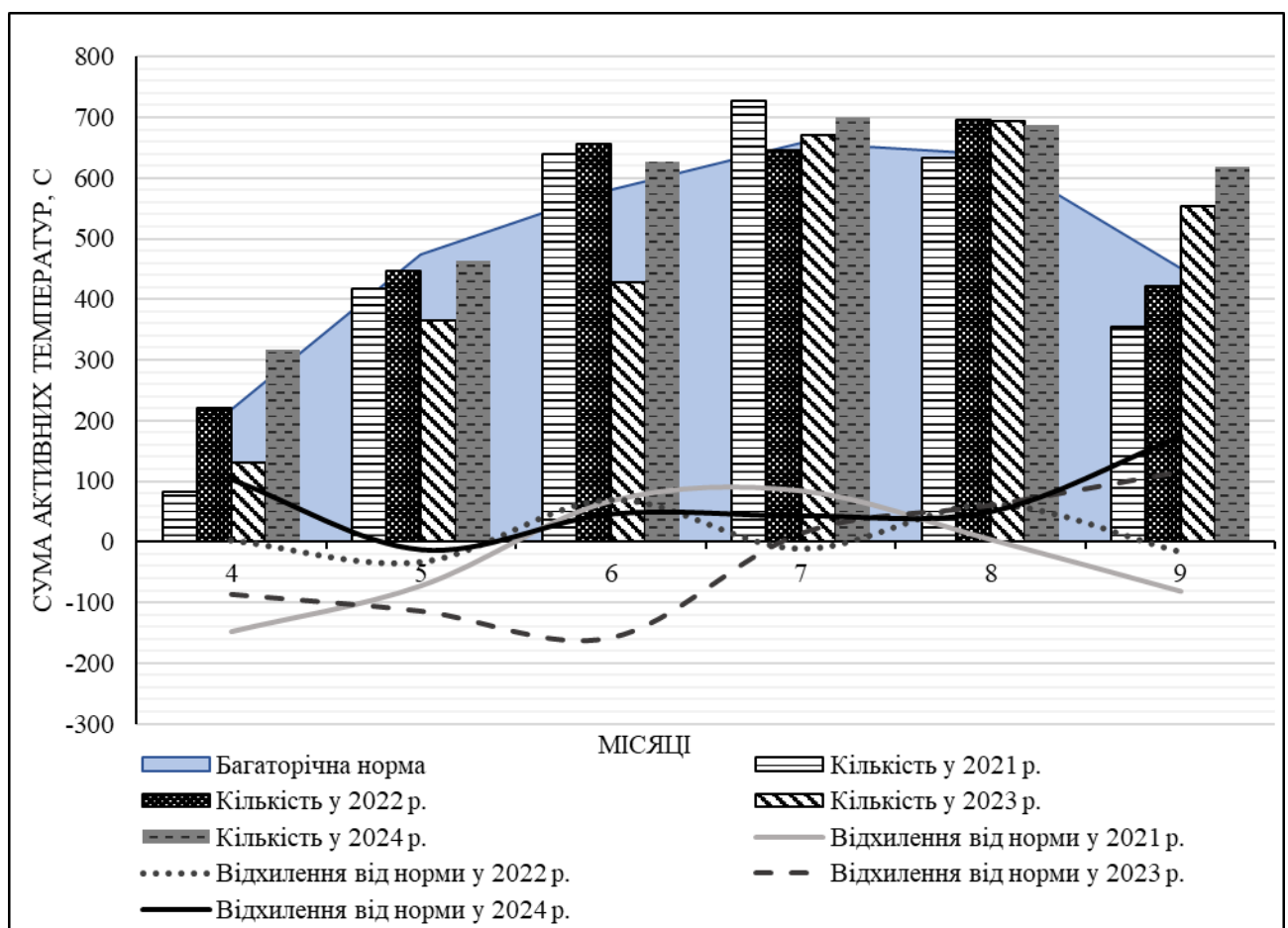


Рис. 2.2. Помісячний розподіл суми активних температур ($> 10^{\circ}\text{C}$) та оцінка їх типовості відносно багаторічних показників, 2021–2024 рр.

Проте, у 2021 році за сумою активних температур квітень місяць був екстремально холодним, а травень – істотно холодним. На зміну холодним весняним місяцям прийшов червень з істотно вищою сумою активних температур відносно багаторічної норми, а липень, взагалі, був екстремально спекотним. Серпень за цим показником був у межах норми, а вересень виявився суттєво холоднішим.

У 2021 році погодні умови відзначалися значними коливаннями температурного режиму, що істотно впливало на формування умов для вирощування ячменю ярого. За сумою активних температур квітень був екстремально холодним, спостерігалось відхилення даного показника від багаторічної норми у бік зниження ($K_i = -2,2$), що затримувало початок активної вегетації культур. Травень, попри збереження нестійких температур, характеризувався істотно холодним ($K_i = -1,1$), що створювало контрастні умови для росту рослин. На зміну прохолодній весні прийшов істотно спекотний червень ($K_i = 1,2$) із суттєвим перевищенням багаторічної суми активних температур, а липень став одним із найспекотніших за останні роки ($K_i = 2,1$). Серпень утримувався в межах кліматичної норми, тоді як вересень виявився прохолоднішим за середньо-багаторічні показники ($K_i = -1,1$).

Певні температурні коливання, відзначалися у 2022 році. Початок активної вегетації з показником $K_i = 0,0$ не відрізнявся від середньо-багаторічних даних у травні сума активних температур була нижчою від середньо-багаторічних показників ($K_i = 0,5$), що призвело до уповільнення проростання насіння та початкового росту рослин. Натомість у червні спостерігалось різке підвищення температурного фону – сума активних температур значно перевищувала багаторічні значення ($K_i = 1,2$), що стимулювало інтенсивний ріст і розвиток культури, але водночас могло підвищувати випаровування ґрунтової вологи. Подібна ситуація повторилася у серпні, коли температура знову перевищила норму, сприяючи прискоренню дозрівання зерна. Решта місяців вегетаційного періоду відповідали середнім багаторічним показникам, що створювало загалом стабільні умови для формування врожаю, хоча контраст між прохолодним початком і теплими літніми місяцями вимагав гнучкого підходу до агротехнічних заходів, особливо збереження вологи.

Квітень та травень 2023 р. були істотно прохолоднішими ($K_i = -1,2$ та $-1,8$), а червень місяць був взагалі екстремально прохолодним, що підтверджено коефіцієнтами істотності ($K_i = -2,8$). Натомість, липень за цим показником був у межах норми ($K_i = 0,3$), а серпень – суттєво перевищував багаторічну норму ($K_i = 1,4$).

У 2024 році істотно більша сума активних температур була у квітні ($K_i = 1,3$), але травень був прохолоднішим порівняно з багаторічними даними, проте в межах норми ($K_i = -0,2$). Червень був у межах норми за кількістю опадів та мав тенденцію до підвищення суми активних температур ($K_i = 0,7$), а липень – на фоні істотних зменшення кількості опадів та збільшення суми активних температур був суттєво посушливим ($K_i = 1,0$). Серпень продовжив тенденцію до посушливості ($K_i = 1,1$).

Проте, недостатньо аналізу лише помісячного розподілу опадів та суми активних температур на території. Для адекватної оцінки ступеню зволоженості території доцільно використовувати гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК), який розраховується відношенням суми опадів у мм за період з середньодобовими температурами повітря вище $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до суми температур ($\sum t$) за той же час, зменшеної в 10 разів. При аналізі даних ГТК слід враховувати, що за величини ГТК $< 1,0$ вегетаційний період вважається посушливим. Чим нижче показник ГТК, тим посушливіша місцевість. Якщо показник ГТК $> 1,6$ – територія надмірно зволожена; $1,3\text{--}1,6$ – достатньо зволожена; $1,0\text{--}1,3$ – слабка посушливість; $0,7\text{--}1,0$ – посушливість; $0,4\text{--}0,7$ – дуже сильна посуха; $< 0,4$ – пустеля [300, 160].

Помісячний розподіл ГТК та оцінка його типовості відносно багаторічних показників у роки проведення досліджень наведено в табл. 2.3 та дод. А–А 3.

Аналіз результатів досліджень свідчить про значні коливання гідротермічного коефіцієнта (ГТК) упродовж вегетаційного періоду за роками спостережень. Зокрема, у 2021 році початок вегетаційного сезону відзначався сприятливими умовами зволоження, що створювало позитивне тло для проростання насіння та початкового росту ячменю ярого. Квітень та травень були надмірно зволоженими: показники ГТК становили відповідно 3,89 та 2,47, що значно перевищує середньо-багаторічні значення ($K_i = 1,16$ та $0,60$). Такі умови забезпечували оптимальне насичення ґрунту вологою, сприяли рівномірним і дружнім сходам, а також активному росту рослин на початкових етапах онтогенезу.

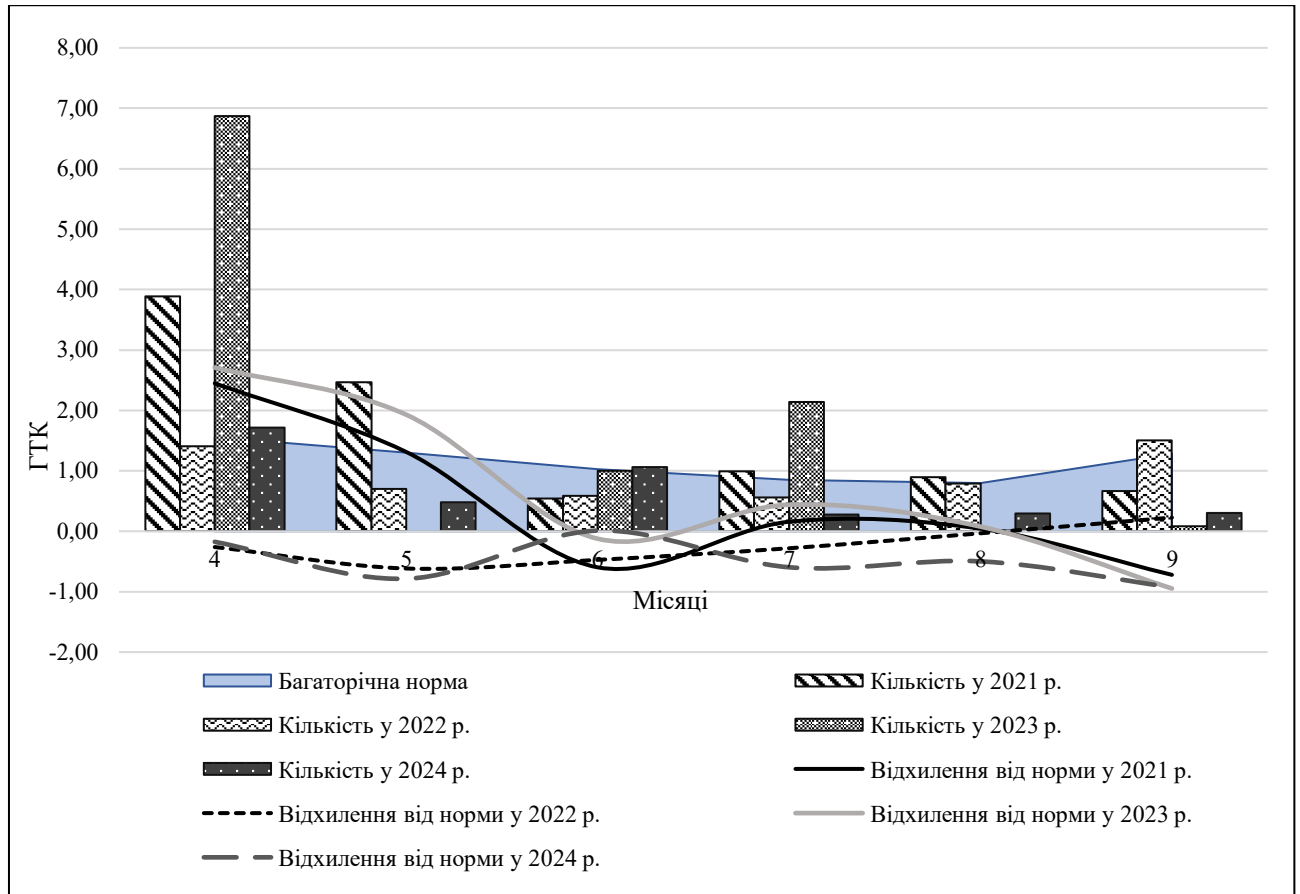


Рис. 2.3. Помісячний розподіл ГТК, 2021–2024 рр.

Однак у наступні місяці 2021 року ситуація кардинально змінилася. Починаючи з червня і до кінця вегетації, ГТК не перевищував 1,0, що свідчить про розвиток посушливих умов, характерних для цього періоду. ($K_i = -0,27, 0,08, 0,02, -0,28$). Така динаміка зумовлювала зростання водного дефіциту, особливо в період наливу та дозрівання зерна, що могло призвести до зниження потенційної врожайності культури.

Умови вегетаційного періоду 2022 року змінювалися від посушливого травня та серпня (ГТК = 1,04, 1,50) до сильно посушливих квітня, червня, липня та серпня (ГТК, відповідно, 0,7, 0,59, 0,56, 0,79), що статистично підтверджується коефіцієнтом істотності відхилень відповідно ($K_i = -0,61, -0,49, -0,66$ та $-0,05$).

Початок вегетаційного періоду 2023 року (квітень) за показником ГТК кардинально відрізнявся від інших місяців. За показниками ГТК квітень був надмірно зволожений 6,87, що статистично підтверджується істотним відхиленням від середньо-багаторічних значень, $K_i = 5,37$ – екстремально завищений. В травні, серпні і вересні вегетаційного періоду 2023 року ГТК

становив, відповідно 0,0, 0,1, 0,8 що характеризує місцевість як пустельну, та має істотне відхилення від середньо-багаторічних значень ($K_i = -1,3, -1,03, -1,70$). Червень за показником ГТК = 1,1 був слабо посушливим, а відносно середньо-багаторічних даних, як екстремально завищеним ($K_i = 2,95$). Липень місяць можна віднести до надмірно зволжених місяців за показником (ГТК = 2,14), що не є типовим для цього періоду ($K_i = 2,95$).

У 2024 році спостерігалася істотно більша сума активних температур у квітні ($K_i = 1,3$) супроводжувалася тенденційним збільшенням кількості опадів ($K_i = 0,7$), що визначило цей місяць як достатньо зволожений за показником ГТК ($K_i = -0,1$). Травень був прохолоднішим порівняно з багаторічними даними, проте в межах норми, але нижча кількість опадів призвела до тенденційно гірших умов волого забезпечення (ГТК = 0,48 за $K_i = -0,8$). Червень був у межах норми за кількістю опадів та мав тенденцію до підвищення суми активних температур, а липень – на фоні істотних зменшення кількості опадів та збільшення суми активних температур був суттєво посушливим (ГТК = 0,28 за $K_i = -1,3$). Серпень продовжив тенденцію до посушливості, оскільки за цей місяць випало на 29 мм менше опадів за норму. Сума активних температур становила 686,5° С, що істотно на 50,3° С вище норми. В результаті ГТК за цей період становив лише 0,29, що визначило цей місяць як посушливий. За вересень випало 18,5 мм опадів (на 27,2 мм менше норми), що на фоні аномально високої суми активних температур 617,7 ($K_i = 2,1$) визначило цей місяць як посушливий з показником ГТК = 0,3.

Таким чином, погодні умови років проведення досліджень в цілому були досить строкатими і характеризувалися різкими перепадами температури та опадів, особливо у весняні та літні місяці.

2.3. Схема та методика проведення досліджень

У досліді проводилися дослідження чотирьох варіантів попередників та трьох варіантів основного обробітку ґрунту. Схема досліду наведена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Схема досліду з дослідження попередників та основного обробітку ґрунту для ячменю ярого

Попередник (фактор А)	Основний обробіток ґрунту (фактор В)
Кукурудза на зерно (контроль)	Полицевий (оранка на 23–25 см) (контроль)
	Безполицевий мілкий (дискування на 14–16 см)
	Безполицевий поверхневий (дискування на 6–8 см)
Соя	Полицевий (оранка на 23–25 см) (контроль)
	Безполицевий мілкий (дискування на 14–16 см)
	Безполицевий поверхневий (дискування на 6–8 см)
Ріпак озимий	Полицевий (оранка на 23–25 см) (контроль)
	Безполицевий мілкий (дискування на 14–16 см)
	Безполицевий поверхневий (дискування на 6–8 см)
Соняшник	Полицевий (оранка на 23–25 см) (контроль)
	Безполицевий мілкий (дискування на 14–16 см)
	Безполицевий поверхневий (дискування на 6–8 см)

Площа посівної ділянки 250 м² (10 м × 25,0 м), облікової 180 м² (9 м × 20 м), повторність досліду чотириразова. Варіанти досліду розміщені методом розщеплених ділянок.

Система удобрення ячменю ярого була однаковою для всіх варіантів досліду і включала в себе основне, припосівне удобрення та підживлення і була розрахована на запланований урожай 6–7 т/га. Норма внесення мінеральних добрив становила 290 кг/га д. р. (N₁₀₀P₆₀K₆₀), що забезпечувало оптимальний рівень живлення для формування врожаю.

Крім того, під час вирощування культури використовували рекомендовану систему захисту рослин із застосуванням рекомендованих пестицидів, що

внесені до «Переліку пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні». Це дозволяло ефективно контролювати бур'яни, хвороби та шкідників.

Для досягнення поставленої мети і задач згідно з програмою досліджень були проведено обліки, спостереження та аналізи, методика яких опублікована в науковій літературі:

- фенологічні спостереження проводили згідно з «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [251], візуальною оцінкою усієї площі ділянки. За результатами спостережень визначали початок настання відповідної фази росту і розвитку залежно від фактичних погодних умов року, місця в сівозміні, тривалість міжфазних періодів та загальної довжини періоду вегетації. Початок фази фіксували, коли в неї вступало 10 % рослин, а настання повної фази – коли візуальні ознаки відмічено у 70 % рослин;

- визначення загальних запасів та доступної вологи у ґрунті до глибини 1 м проводили термостатно-ваговим методом. Середню наважку висушували в термостаті за температури 105° С (ДСТУ ISO11465:2001). Проби ґрунту відбирали буром з шарів 0–10, 10–20, 20–30, 30–50, 50–70, 70–100 см. У кожному варіанті розраховували сумарний запас вологи та запаси доступної рослинам вологи. Сумарний показник і коефіцієнт водоспоживання визначали методом спрощеного водного балансу [201, 207].

- структурно-агрегатний стан ґрунту визначили за методом Саввінова [199]; щільність складення ґрунту – методом різального кільця (ДСТУ ISO 11272–2001) [200]; загальну пористість та пористість аерації – розрахунковим шляхом;

- наявність поживних речовин у ґрунті визначали такими методами: нітратний азот – іон-селективним електродом, іонометром И – 160 М згідно ДСТУ 4729:2007, рухомий фосфор за Чириковим і рухомий калій за Масловою згідно ДСТУ 4115–2002 «ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова». Обліки проводили у шарах 0–10, 10–20 і 20–30 см, відбір ґрунтових проб проводився в період сівби, період цвітіння та перед збиранням культури [197, 198];

– облік актуальної забур'яненості посівів проводили у фазі сходів, цвітіння кількісним методом, а на період збирання культури – кількісно-ваговим. Кількісний облік проводили на фіксованих майданчиках площею 0,25 м² у триразовій повторності [278].

– облік потенційної засміченості орного шару ґрунту насінням бур'янів за методикою М. П. Косолапа та ін. [278]. При визначенні кількості насіння бур'янів в перерахунку на одиницю маси абсолютно сухого ґрунту (кг) користувались за формулою:

$$M = \frac{(100-v) \times T}{100 \times a}, \quad (2.2)$$

де: М – кількість насіння бур'янів на 1 кг абсолютно сухого ґрунту; а – маса зразка ґрунту перед відмиванням, кг;

в – вологість ґрунту в момент його відмивання у воді, %;

Т – кількість насіння бур'янів у зразку.

На площі 1 га в шарі 0–10 см маса абсолютно сухого ґрунту (Р) об'ємом V становить:

$$P = (V \times d \times 100) / (100 + 20), \quad (2.3)$$

де: d – об'ємна маса ґрунту, г/см³.

Кількість насіння у шарі ґрунту 0–10 см на площі 1 га в млн. шт., при цьому становить $P \text{ (кг)} \times M \text{ (шт.)}$;

– виділення насіння бур'янів з ґрунту (пошарово) за методикою, описаною Ю. П. Маньком, проби ґрунту відбирали у 15 точках кожного варіанту [278];

– облік врожаю здійснювали методом суцільного обмолоту всієї площі облікової ділянки з приведенням до 100 % чистоти і стандартної вологості з кожного варіанта в усіх повтореннях окремо. Збирали врожай у фазі повної стиглості. Разом із зважуванням врожаю зерна ячменю ярого, відбирали середні проби для визначення вологості [196, 251].

– економічну оцінку вирощування ячменю ярого за різних попередників і обробітків ґрунту визначали на основі сучасних методів розрахунку економічних

показників з використанням технологічних карт та цін і тарифів у період проведення досліджень [261].

– енергетичну ефективність проводили за методикою енергетичного аналізу сільськогосподарського виробництва О. Ю. Тараріко [168], шляхом підрахунку всіх витрат виробництва продукції у вигляді сукупної енергії на основні та оборотні засоби виробництва, трудові ресурси, кількість сукупної енергії, накопиченої в урожаї.

– варіаційно-статистична обробка даних проводилася математично-дисперсійним методом з використанням кореляційного аналізу, та застосовуючи системи електронних таблиць Excel from MS Office 365 і програму «Statistica 10».

2.4. Агротехнічні умови в польовому досліді

У досліді використовували наступні види мінеральних добрив: азотні – аміачна селітра ($N - 34,4 \%$), фосфорні – суперфосфат гранульований ($P_2O_5 - 19,5 \%$), нітроамофоска – (NPK – 16:16:16), калійні – сульфат калію ($K_2O - 50 \%$).

Протруєння насіння відбувалося препаратами **Гаучо Ево 275 FS, ТН** (імідаклоприд, 175 г/л + клотіанідин, 100 г/л) з нормою 2,0 л/га та **Сценік** (флуоксастробін 37,5 г/л + протіоконазол 37,5 г/л + тебуконазол 5,0 г/л) з нормою 1,5 л/га.

Для захисту посівів ячменю ярого від бур'янів використовували бакову суміш гербіцидів **Дербі 175, к.с.** (флуметсулам, 100 г/л + флорасулам, 75 г/л) з нормою 0,07 л/га та **Пума супер** (феноксапроп-П-етил, 69 г/л + мефенпір-діетил, 75 г/л) з нормою 1,0 л/га. Внесення проводили у фазу кущення ячменю ярого (BBCH – 21–29)

Хвороби та шкідники впродовж вегетації культури контролювали внесенням фунгіциду **Ютака** (тіофанат-метил, 350 г/л + тебуконазол, 100 г/л + цифлуфенамід, 6,3 г/л) з нормою 1,2 л/га та інсектициду **Децис f-Люкс** (дельтаметрин, 25 г/л) – 0,4 л/га.

Для обробітку ґрунту, внесення добрив, сівби та догляду за посівами на дослідних ділянках застосовували такі сільськогосподарські машини: плуг ПО-3-35, дисковий культиватор Carrier 420-820, борона ротаційна БР-6, борони

зубові ЗБП 0,6А, розкидач мінеральних добрив СТТ-10, сівалка Great plains 3P500, обприскувач ОНШ-400. Сільськогосподарські ґрунтообробні знаряддя використовували в агрегаті з тракторами Claas.

Сівбу ячменю ярого сорту Себастьян, проводили за настання фізичної стиглості ґрунту. За чотири роки проведених досліджень цей період припадав на кінець березня–першу декаду квітня. Норма висіву становила – 4 млн сх. нас./га, глибина висіву – 3–4 см, ширина міжрядь – 19 см.

Сорт ячменю ярого «Себастьян» (оригінатор – компанія «Сейет Плантафоредлінг І/С», Данія належить до різновидності nutans і є одним із найбільш перспективних пивоварних сортів сучасності. Він був створений методом схрещування і рекомендований для вирощування в різних кліматичних умовах, зокрема в Україні – в зонах Полісся, Лісостепу та Степу.

Морфологічно сорт характеризується низькорослим стеблом (60–70 см), міцною соломою та високою стійкістю до вилягання. Колос дворядний, середньої щільності, солом'яно-жовтого забарвлення, зернівка еліптичної форми, велика, жовта, маса 1000 зернин становить 45–56 г. Рослини відзначаються добрим кушінням, що сприяє формуванню оптимальної густоти стеблостою.

За біологічними особливостями «Себастьян» належить до сортів напівпізнього строку досягання, інтенсивного типу, добре реагує на внесення мінеральних добрив і відзначається стабільною врожайністю. Потенціал урожайності становить 9,0–10,5 т/га, середній рівень – близько 7,5–8,0 т/га. Сорт має відмінні пивоварні якості: високу екстрактивність (80–83 %) і стабільний вміст білка (10,7–11,5 %), що робить його придатним для виробництва високоякісного солоду.

Важливою перевагою сорту є його стійкість до основних хвороб – летючої та твердої сажки, плямистостей і несправжньої борошнистої роси. Разом із тим, за сприятливих умов для розвитку інфекцій він потребує фунгіцидного захисту. Сорт характеризується достатньою посухостійкістю та стабільною продуктивністю навіть у роки зі стресовими погодними умовами, що підтверджено дослідженнями в Центральній Європі [296].

Агротехнічні рекомендації передбачають ранні строки сівби із загортанням насіння на глибину 2–4 см та нормою висіву 3,5–4,5 млн схожих зернин/га залежно від попередника. Найкращими попередниками є коренеплоди, менш придатними – зернові культури [317].

Таким чином, сорт «Себастьян» поєднує високий потенціал урожайності з відмінними пивоварними властивостями, стійкістю до вилягання та адаптивністю до різних кліматичних умов, що забезпечує йому широке поширення у виробництві та перспективність для використання в агропромисловому комплексі України.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ПОПЕРЕДНИКІВ НА ВОДНО-ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

3.1. Запаси доступної вологи в ґрунті залежно від попередників та основного обробітку

Вологозабезпеченість сільськогосподарських культур визначається багатьма взаємопов'язаними факторами, насамперед, кількістю опадів у вигляді дощу або снігу за роки проведення досліджень, водопроникністю ґрунту, температурою повітря. Окрім цього, попередники та основний обробіток ґрунту є одними з важливих елементів збереження в ньому вологи, для отримання високих і сталих врожаїв ячменю ярого, оскільки їхній вплив безперечно позначається на кінцевій величині урожайності цієї культури [67, 128, 130].

Волога в ґрунті відіграє дуже важливу роль у вирощуванні ячменю ярого. Особливо важливою є запаси доступної вологи на час сівби та на перших стадіях росту й розвитку, коли проростає насіння та розвивається коренева система. Нестача вологи може призвести до погіршення росту та розвитку ячменю ярого, що в свою чергу, призводить до суттєвого зниження врожайності [2, 47, 82, 92, 127, 103].

Надмірна кількість вологи в ґрунті також є одним із важливих стресових чинників, що істотно впливають на ріст і продуктивність ячменю ярого. Перезволоження оброблюваного шару призводить до погіршення аераційного режиму ґрунту, внаслідок чого знижується доступ кисню до кореневої системи, що провокує її «удушення» та пригнічення метаболічних процесів. За таких умов знижується інтенсивність фотосинтезу, уповільнюються ростові процеси, а за тривалого впливу надмірної вологи може спостерігатися часткова або повна загибель рослин [87, 155, 48, 58, 189].

Крім прямого впливу на фізіологічний стан рослин, надлишок опадів створює сприятливе середовище для розвитку грибкових захворювань. У дослідженнях міжнародних вчених встановлено, що під час періодів надмірного зволоження істотно зростає ураженість зернових культур фузаріозом,

гельмінтоспориозом та кореневими гнилями, що негативно позначається на врожайності та якості зерна. Застій води у посівах ячменю ярого знижує коефіцієнт використання азоту та фосфору, що поглиблює дефіцит елементів живлення і посилює негативний вплив на продуктивність культури [144, 1, 40].

Оскільки для ячменю ярого потрібні найкращі умови для росту й розвитку кореневої системи, яка в подальшому відіграє суттєву роль у формуванні високої урожайності культури, необхідно враховувати ґрунтові умови, які можливо регулювати шляхом підбору попередників та системи обробітку ґрунту [54, 111, 3, 143].

Обробіток ґрунту має значний вплив на запаси доступної вологи в ґрунті, які впливають на структуру ґрунту, водопроникність та розподіл води в ньому. За неправильного обробітку ґрунту погіршуються агрофізичні показники його родючості, що призводить до зниження куціння й росту коренів та зменшення доступності води в ґрунті, надходження елементів живлення до рослини, що в свою чергу відображається в погіршенні якості зерна та зниженні урожайності культури [137].

За даними Píkovska O. V., оранка може сприяти втратам вологи через знижену водопроникність ґрунту, внаслідок руйнування структури та утворення твердого пласта після деяких попередників. З іншого боку, поверхневий обробіток (наприклад мульчування) може допомогти утримувати вологу в ґрунті шляхом зменшення випаровування та захисту від вітру та сонячного світла. Тому, вибір способу обробітку ґрунту може мати велике значення для збереження доступних запасів вологи та оптимізації волого-фізичних властивостей ґрунту для рослин. Але при цьому накопичення вологи в зимовий період в метровому шарі чорнозему ніяк не залежить від способу обробітку ґрунту [99, 270].

Згідно даних Tsilyuryk O. I. & Shapka V. P. основними причинами зниження урожайності ячменю ярого в Україні є щорічні коливання погодних умов, часте розміщення культури після соняшника, невідповідності способів основного обробітку під культуру, що призводить до посилення ерозійних процесів, погіршенням водного режиму та гумусного стану чорноземів [133]. Cammarano

et al. зазначає, що урожайність ячменю буде більше залежати від кількості опадів і ґрунтової води [127].

За переконанням Usyk розміщення ячменю ярого після кукурудзи на зерно забезпечує найкращі результати, оскільки ґрунт не ущільнюється, а міжрядний обробіток у технології вирощування кукурудзи сприяє очищенню поля від бур'янів [142].

Вплив попередників на запаси доступної вологи в ґрунті для ячменю ярого може бути значимим. Деякі культури після збору урожаю, можуть залишати більшу кількість решток рослин в ґрунті, що призводить до збільшення вологи в ньому. Це може бути корисним для наступного посіву, оскільки збільшений запас вологи в ґрунті може позитивно позначитися на рості наступного врожаю [61].

Для оцінки впливу досліджуваних факторів (попередники та основний обробіток ґрунту) на запаси продуктивної вологи в ґрунті нами було проаналізовано такі параметри як кількість опадів за рік та окремо вегетаційний період.

У таблиці 3.1 наведено дані щодо запасів доступної вологи окремо за роками досліджень на період сівби ячменю ярого в метровій товщі ґрунту. А в додатках Б–Б 3 представлено дані щодо розподілу доступної вологи в ґрунті у різних досліджуваних шарах. Таким чином, можна порівняти залежність запасів доступної для рослин вологи в ґрунті від досліджуваних факторів (попередники та обробіток ґрунту) в окремі роки. Отримані результати вказують, що на час сівби культури вплив попередників на накопичення доступної вологи в ґрунті був достовірним, що підтверджено порівнянням різниць між варіантами та контролем з показником HP_{05} . Суттєво вищими запаси вологи в метровій товщі ґрунту відносно контролю (кукурудза на зерно) були після сої у 2021 році – 3,2 мм, 2022 – 3,6, 2023 – 3,4 й 2024 році – 15,2 мм та після ріпаку озимого – 8,5 мм, 6,0, 5,7 та 20,7 мм, відповідно. За розміщення ячменю ярого після соняшника спостерігалось зниження запасів вологи у метровій товщі ґрунту відносно контролю на 2,6 мм у 2021 році. У 2022 і 2023 роках достовірної різниці між цим попередником і контролем не було виявлено, а в 2024 році запаси вологи після

соняшника були на 8,9 мм нижче контролю, що є суттєвим показником (табл. 3.1).

Таким чином, запаси доступної вологи в метровій товщі на період сівби ячменю ярого після соняшника були достовірно нижчими за контроль (кукурудза на зерно) у два з чотирьох досліджуваних років. У цілому за чотири роки спостережень різниця між соняшником та кукурудзою була не суттєвою і становила 2,2 мм за показника $HiP_{05} = 2,3$ мм. Сівба ячменю ярого після сої та ріпаку озимого дозволяє забезпечити в середньому на, відповідно, 5,5 та 10,2 мм доступної для рослин вологи більше за контроль (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Запаси доступної вологи в метровій товщі ґрунту залежно від попередників та основного обробітку ґрунту на період сівби ячменю ярого

Попередник (А)	Основний обробітку ґрунту (В)	Запаси вологи, мм				
		2021	2022	2023	2024	Середнє
Кукурудза на зерно (к)	Полицевий (к)	173,6	160,6	134,5	148,6	154,3
	Безполицевий мілкий	173,9	164,2	140,1	149,9	157,1
	Безполицевий поверхневий	174,4	155,0	149,0	163,7	160,5
Соя	полицевий (к)	175,9	160,6	136,6	164,1	159,3
	Безполицевий мілкий	176,9	164,9	146,9	170,1	164,7
	Безполицевий поверхневий	178,8	154,8	150,4	173,8	164,4
Ріпак озимий	Полицевий (к)	180,1	167,5	141,9	161,0	162,6
	Безполицевий мілкий	182,8	167,5	149,2	179,9	169,9
	Безполицевий поверхневий	184,6	162,6	149,6	183,6	170,1
Соняшник	Полицевий (к)	171,2	158,3	134,9	133,6	149,5
	Безполицевий мілкий	171,3	157,4	146,9	150,6	156,5
	Безполицевий поверхневий	171,8	163,5	150,4	151,5	159,3
HiP₀₅(AB)		2,0	4,1	6,8	4,4	4,6
У середньому за попередниками						
Кукурудза на зерно (к)		174,0	159,9	141,2	154,1	157,3
Соя		177,2	160,1	144,6	169,3	162,8
Ріпак озимий		182,5	165,9	146,9	174,8	167,5
Соняшник		171,4	159,7	144,0	145,2	155,1
HiP₀₅(A)		1,0	2,0	3,4	2,2	2,3
У середньому за варіантами основного обробітку ґрунту						
Полицевий (к)		175,2	161,7	137,0	151,8	156,4
Безполицевий мілкий		176,2	163,5	145,8	162,6	162,0
Безполицевий поверхневий		177,4	159,0	149,8	168,2	163,6
HiP₀₅(B)		1,2	2,4	3,9	2,5	2,7

Запаси доступної води в метровій товщі ґрунту значною мірою формувалися під впливом метеорологічних умов попереднього осінньо-зимового періоду. Встановлено, що кількість опадів у цей час визначала початковий рівень зволоження ґрунтового профілю, який, у свою чергу, безпосередньо впливав на умови росту та розвитку ячменю ярого. Аналіз результатів досліджень показав, що запаси води перебували в тісній прямій кореляційній залежності від кількості опадів за осінньо-зимовий період. Коефіцієнт кореляції (r), при цьому, становив 0,92 (рис 3.1).

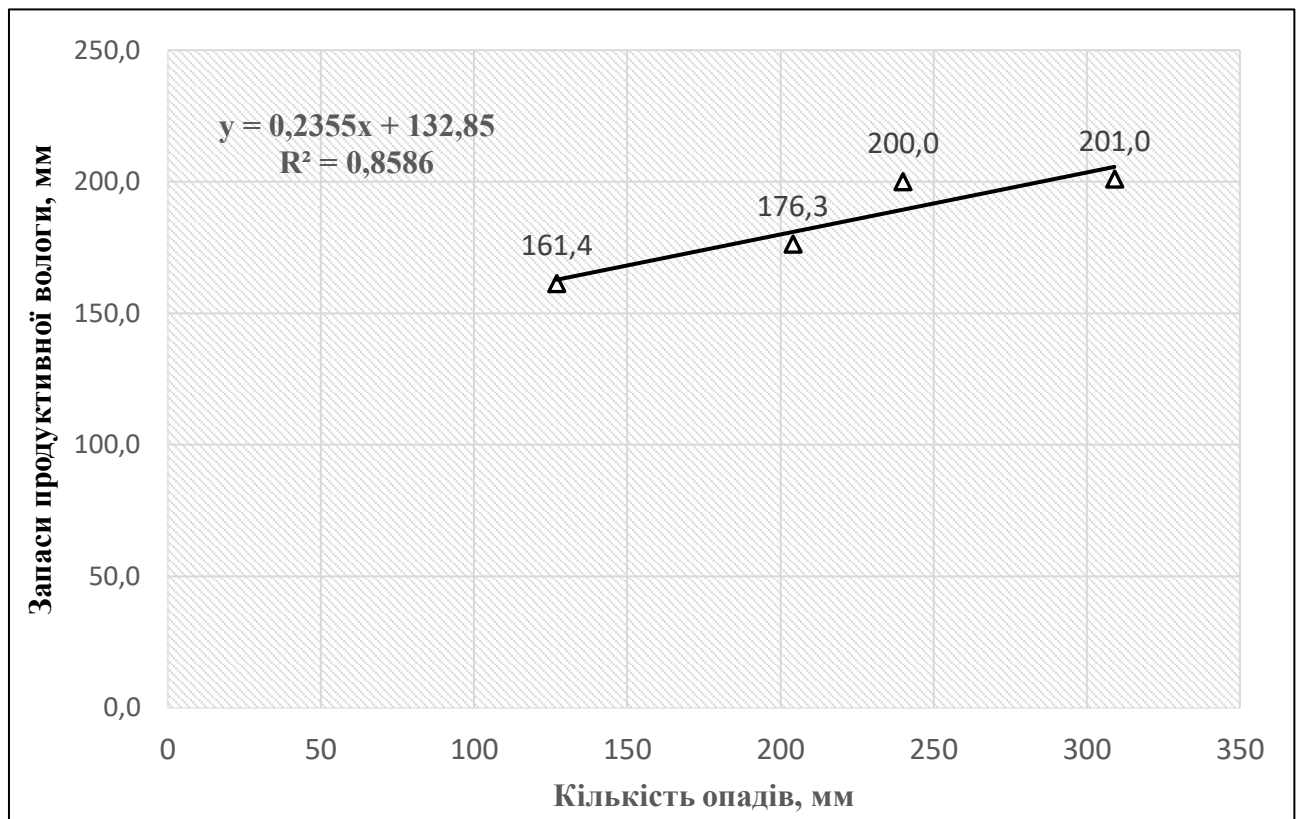


Рис. 3.1. Кореляційна залежність між ранньо-весняними запасами доступної води в метровій товщі ґрунту та кількістю опадів за осінньо-зимовий період

Аналіз запасів доступної в ґрунті води залежно від глибини відбору зразків засвідчив, що в середньому за чотири роки спостережень на час сівби ячменю ярого у верхній 0–10 см товщі ґрунту також спостерігається відмінності залежно від попередника. За розміщення досліджуваної культури після соняшника відмічено менший на 1,2 мм запас доступної води порівняно з контролем. Дисперсійний аналіз вказує на те, що це є достовірною відмінністю

($\text{HiP}_{05} = 0,5$ мм), проте, з практичної точки зору така різниця, на нашу думку, суттєво не впливає на проростання та швидкість з'явлення сходів культури. Після сої та ріпаку озимого запаси вологи в цій товщі суттєво не відрізнялися від контролю. Таким чином, можна стверджувати, що всі попередники забезпечували мінімально необхідні запаси вологи у верхній 0–10 см товщі для отримання сходів культури (дод. В).

Більш вираженими є відмінності в залежності від попередників у 30 см товщі ґрунту. В середньому за 2021–24 рр. після соняшника було відмічено на 10,6 мм менше продуктивної вологи, тоді як соя забезпечила надбавку на 1,6 мм, а ріпак озимий переважав контроль на 6,7 мм.

Аналіз запасів доступної вологи в метровій товщі залежно від основного обробітку ґрунту на період сівби ячменю ярого вказує, що, загалом, у більшості років спостережень перевага над контролем була за безполицевого мілкого і поверхневого варіантів. Проте, часто ця різниця була мінімальною і знаходилась у межах HiP_{05} . Зокрема, в 2021 році безполицевий мілкий обробіток ґрунту мав перевагу над полицевим лише на 1 мм за показника $\text{HiP}_{05} = 1,2$ мм. У 2022 році різниця між цими варіантами становила 1,8 за показника $\text{HiP}_{05} = 2,4$ мм. Статистично достовірною різниця між ними була в 2023 році – 8,8 мм та 2024 – 10,8 мм за показника $\text{HiP}_{05} = 3,9$ мм. За використання безполицевого поверхневого обробітку ситуація була схожою. Так, у 2021 р. цей варіант переважав контрольний на 2,2 мм, а в 2022 р він незначно поступався контролю на 2,7 мм. У 2023 та 2024 роках його перевага над контролем була більшою і становила, відповідно, 4,1 та 16,4 мм (табл. 3.1). Отримані нами результати узгоджуються з дослідженнями Tsilyuryk O. I. та ін., за якими використання мілкого дискового мілкого обробітку ґрунту не завжди призводить до накопичення суттєво більших запасів продуктивної вологи порівняно з оранкою [61].

Усереднені чотирирічні дані дозволяють стверджувати про перевагу мілкого та поверхневого варіантів основного обробітку ґрунту порівняно з оранкою. Зокрема, мілкий безполицевий обробіток забезпечив на період сівби

ячменю ярого надбавку в 5,6 мм, а поверхневий – 7,2 мм за показника $HiP_{05} = 0,8$ мм (дод. В).

Також, відмічена перевага вищевказаних варіантів над контролем (оранка) і в інших досліджуваних шарах ґрунту – 0–10 та 0–30 см, про що свідчать дані, наведені в додатках В. Так, у товщі 0–10 см мілкий обробіток забезпечував на 1,6 мм більші запаси вологи в ґрунті, тоді як поверхневий – на 1,7 мм. У 0–30 см товщі перевага цих варіантів становила, відповідно, 3,3 та 5,0 мм. Це пояснюється більш інтенсивним перемішуванням і розпушуванням оброблюваного шару ґрунту, що в подальшому посилює втрати через випаровування.

Аналіз взаємодії досліджуваних факторів дозволяє стверджувати, що найбільш оптимальним є поєднання ріпаку озимого як попередника для ячменю ярого з поверхневим безполицевим варіантом обробітку ґрунту, що забезпечувало найвищі запаси продуктивної вологи в метровій товщі ґрунту на період сівби культури за чотири роки досліджень – 170,1 мм (+ 7,5 мм до контролю). Ця ж комбінація забезпечувала найвищі значення доступної вологи і в 0–10 та 0–30 см товщах ґрунту, відповідно, 17,2 та 64,7 мм (дод. В).

Таким чином, можна стверджувати, що водний режим ґрунту у посівах ячменю ярого за різних попередників та основного обробітку ґрунту кожен рік має свої особливості. Кількість вологи, накопиченої в зимовий період, має велике значення для росту і розвитку ячменю ярого оскільки, забезпечує сприятливі умови для рослин на ранніх стадіях вегетації.

Величина втрат вологи на час цвітіння досліджуваної культури залежала як від попередника, так і від системи основного обробітку ґрунту (табл. 3.2). За вирощування ячменю ярого після сої та ріпаку озимого у період з 2021 по 2023 роки не зафіксовано суттєвих відмінностей за рівнем запасів доступної вологи у метровій товщі ґрунту в фазі цвітіння культури. Різниця між цими варіантами не перевищувала показник HiP_{05} . Суттєвими відмінності були лише в 2024 році, коли запаси вологи після цих попередників були суттєво вищими на, відповідно, 10,1 та 10,5 мм. Після соняшнику запаси доступної вологи в ґрунті були суттєво меншими від контролю, кукурудзи на зерно, за усі роки досліджень. Зокрема, в

2021 році ця різниця становила 3,8 мм, 2022 – 15,9, 2023 – 15,2 та 2024 – 3,8 мм. Примітно, що найбільшою різниця була в 2022 та 2023 роках, коли у весняний період розподіл опадів був найбільш нерівномірний, зокрема, у 2022 році недостатньою кількістю опадів була з березня по травень, а в 2023 – в травні не випало опадів узагалі. Таким чином, за вирощування ячменю ярого після соняшнику спостерігається швидша втрата вологи з ґрунту до періоду цвітіння культури (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Запаси доступної вологи в метровій товщі ґрунту залежно від попередників та основного обробітку ґрунту на період цвітіння ячменю ярого

Попередник (А)	Основний обробітку ґрунту (В)	Запаси вологи, мм				
		2021	2022	2023	2024	Середнє
Кукурудза на зерно (к)	Полицевий (к)	71,7	81,7	79,8	67,1	75,0
	Безполицевий мілкий	74,7	95,1	90,4	76,2	84,1
	Безполицевий поверхневий	73,4	93,0	91,0	77,1	83,6
Соя	полицевий (к)	72,6	82,2	79,2	81,2	78,8
	Безполицевий мілкий	75,1	93,2	92,2	84,7	86,3
	Безполицевий поверхневий	72,8	93,9	90,2	84,8	85,4
Ріпак озимий	Полицевий (к)	73,9	82,2	87,0	78,5	80,4
	Безполицевий мілкий	74,8	93,2	90,4	86,5	86,2
	Безполицевий поверхневий	74,8	94,6	91,8	86,8	87,0
Соняшник	Полицевий (к)	69,4	72,6	70,4	67,0	69,8
	Безполицевий мілкий	69,5	75,2	73,0	70,4	72,0
	Безполицевий поверхневий	69,6	74,1	71,9	71,6	71,8
НіР₀₅(АВ)		1,7	2,3	2,5	1,8	2,1
У середньому за попередниками						
Кукурудза на зерно		73,3	89,9	87,0	73,4	80,9
Соя		73,5	89,7	87,2	83,5	83,5
Ріпак озимий		74,5	90,0	89,7	83,9	84,5
Соняшник		69,5	74,0	71,8	69,6	71,2
НіР₀₅(А)		0,9	1,1	1,2	0,9	1,0
У середньому за варіантами основного обробітку ґрунту						
Полицевий (к)		71,9	79,7	79,1	73,4	76,0
Безполицевий мілкий		73,5	89,2	86,5	79,4	82,1
Безполицевий поверхневий		72,7	88,9	86,2	80,1	82,0
НіР₀₅(В)		1,0	1,3	1,4	1,0	1,2

У цілому, усереднені дані за чотири роки досліджень вказують на достовірну перевагу сої та ріпаку озимого як попередників для ячменю ярого, проте, слід враховувати що ця перевага не є стабільною за роками. Також

відмічено погіршення запасів доступної вологи в ґрунті після соняшнику впродовж усіх років спостережень, що в середньому за чотири роки дає різницю в 9,7 мм (табл. 3.2).

Вплив попередника відмічено й у 30 см товщі ґрунту, про що свідчать дані, наведені в додатках В. У цілому зміни запасів продуктивної вологи цього шару окремо за кожним роком спостережень піддавалися тим же закономірностям, що й у метровій товщі ґрунту. Усереднені чотирьохрічні дані вказують, що в ґрунті поля ячменю ярого, висіяного після сої та ріпаку озимого на період цвітіння культури міститься на, відповідно, 2,6 та 2,7 мм більше доступної вологи за показника $H_{P_{05}} = 1,1$ мм. У верхній 10 см товщі суттєвих відмінностей не було виявлено.

За період спостережень нами було встановлено, що використання оранки формувало в метровому шарі достовірно нижчі запаси доступної вологи порівняно з безполицевими варіантами основного обробітку ґрунту в три з чотирьох досліджуваних років, а саме в період з 2022 по 2024 роки. В 2022 та 2023 роках різниця між безполицевими варіантами і контролем була найбільшою і становила, відповідно, 9,5 й 7,4 мм для безполицевого мілкого варіанту та 9,2 і 7,1 – для поверхневого. У 2021 році різниця між варіантами не була статистично значущою, оскільки усі обробітки формували близький рівень забезпечення вологою на час цвітіння. Усереднені за чотири роки дані вказують на достовірну перевагу безполицевих обробітків, які забезпечили на 6,0–6,1 мм більше доступної вологи в метровій товщі ґрунту на період цвітіння ячменю ярого. Подібні результати наведено у дослідженнях Xiaoguang Sang та Dong Wang які зазначають, що поверхневі обробітки сприяють збереженню вологи у верхніх горизонтах, тоді як полицева оранка забезпечує більш рівномірний її розподіл по профілю а значні відмінності у запасах доступної вологи між основними обробітками проявляються лише у посушливі роки, проте за типових погодних умов не завжди є істотними [114].

Схожим чином формувалися запаси доступної вологи й у 30 см товщі ґрунту. Позаяк, безполицевий мілкий обробіток переважав оранку на 4,9 мм, а

поверхневий – на 5,7 мм. У верхньому 0–10 см шарі ґрунту достовірних відмінностей не було виявлено (дод. В).

Аналіз поєднання досліджуваних факторів дозволяє стверджувати, що за використання ріпаку озимого та сої як попередників для ячменю ярого в комплексі з поверхневим безполицевим або мілким варіантами обробітку ґрунту забезпечувало найвищі запаси продуктивної вологи як в метровій товщі ґрунту на період цвітіння культури за чотири роки досліджень – в межах 85,4–87 мм. Ця ж комбінація забезпечувала найвищі значення доступної вологи і в 0–30 см товщі ґрунту – 49,1–51,2 мм (дод. В).

Упродовж періоду вегетації ґрунтова волога переважно споживалася для формування урожаю рослинами ячменю ярого, та частково випаровувалася фізично з поверхні ґрунту. На час збирання ячменю ярого спостерігалось зменшення запасів вологи у метровому шарі ґрунту, а тенденція щодо їх зміни зберігалася такою ж, як і в попередні обліки (табл. 3.3). Незалежно від попередника, відмічалось поступове зменшення вологозапасів порівняно з періодами сівби та цвітіння. При цьому, після ріпаку озимого та сої фіксувалися достовірно вищі показники доступної вологи в 2021 та 2022 роках, тоді як після соняшнику, та кукурудзи на зерно – нижчі. В 2023 та 2024 роках достовірних відмінностей між попередниками не було виявлено (табл. 3.3). У цілому, загальні відмінності між попередниками не набували критичного значення і характеризувалися динамікою зменшення запасів вологи упродовж вегетації. Отримані результати узгоджуються з даними Усика (2017), який відзначав, що попередники впливають не стільки на кінцеву кількість доступної вологи в період збирання, скільки на її розподіл протягом вегетаційного періоду [301]. Подібні висновки наведено і у дослідженнях інших науковців, де підкреслюється, що на фоні різних попередників зміни запасів вологи мають однакову тенденцію до поступового зменшення від сівби до жнив, хоча абсолютні значення можуть відрізнятися [22, 84, 94, 238].

У інших досліджуваних товщах ґрунту, а саме, 0–10 та 0–30 см достовірних відмінностей між попередниками не було виявлено (дод. В).

Роль обробітку ґрунту в накопиченні доступної вологи в ньому на період збирання культури була мінімальною як в метровій, так і в інших досліджуваних товщах. Відмічено лише тенденцію до переваги безполицевих варіантів над оранкою, проте, за відсутності між ними достовірної різниці в більшості аналізованих років (табл. 3.3, дод. В).

Таблиця 3.3

Запаси доступної вологи в метровій товщі ґрунту залежно від попередників та основного обробітку ґрунту на період збирання культури

Попередник (А)	Основний обробітку ґрунту (В)	Запаси вологи, мм				
		2021	2022	2023	2024	Середнє
Кукурудза на зерно (к)	Полицевий (к)	55,1	61,1	60,6	57,7	58,6
	Безполицевий мілкий	56,5	62,8	63,8	61,3	61,1
	Безполицевий поверхневий	53,7	59,6	62,0	58,7	58,5
Соя	Полицевий (к)	57,2	63,4	59,8	60,2	60,2
	Безполицевий мілкий	60,7	67,3	63,0	59,3	62,6
	Безполицевий поверхневий	58,1	64,5	64,4	60,0	61,7
Ріпак озимий	Полицевий (к)	59,3	65,8	61,1	60,4	61,6
	Безполицевий мілкий	62,4	69,2	63,8	60,1	63,9
	Безполицевий поверхневий	63,0	69,9	63,2	63,1	64,8
Соняшник	Полицевий (к)	55,1	60,9	57,7	53,5	56,8
	Безполицевий мілкий	56,5	62,0	61,3	53,1	58,2
	Безполицевий поверхневий	53,8	59,6	58,7	53,2	56,3
НіР₀₅(АВ)		3,0	3,2	2,6	2,9	2,9
У середньому за попередниками						
Кукурудза на зерно		55,1	61,2	62,1	59,2	59,4
Соя		58,7	65,1	62,4	59,8	61,5
Ріпак озимий		61,5	68,3	62,7	61,2	63,4
Соняшник		55,2	60,8	59,2	53,3	57,1
НіР₀₅(А)		1,5	1,6	1,3	1,4	1,5
У середньому за варіантами основного обробітку ґрунту						
Полицевий (к)		56,6	62,8	59,8	58,0	59,3
Безполицевий мілкий		59,0	65,3	63,0	58,4	61,4
Безполицевий поверхневий		57,2	63,4	62,1	58,7	60,3
НіР₀₅(В)		1,7	1,8	1,5	1,7	1,7

Результати наших досліджень узгоджуються з даними Gamayunova & Panfilova, 2019 [94, 238]. Нами підтверджено, що різні запаси вологи в ґрунті та інтенсивність їх витрачання обумовлюються кількістю опадів, температурою, вологістю, проте загальна динаміка зволоження ґрунту на посівах ячменю ярого в усі роки досліджень мала однакову закономірність, а саме основна кількість вологи в ґрунті накопичувалася в осінньо-зимовий період та найбільші її запаси

досягнуті на час сівби культури, після чого їх кількість поступово витрачалася посівами до кінця період вегетації культури. У середньому за роки проведення досліджень за розміщення ячменю ярого після сої та ріпаку озимого створювалися найкращі умови для накопичення та збереження ґрунтової вологи в ґрунті. А найефективнішими варіантами основного обробітку ґрунту є безполицевий мілкий та безполицевий поверхневий.

Одним з показників ефективного використання вологи зерновими культурами для досягнення врожаю є коефіцієнт водоспоживання, який визначається шляхом поділу загальних витрат води на урожай всієї біомаси або основної продукції. У наших дослідженнях для обрахунку коефіцієнта водоспоживання ячменю ярого було взято урожай всієї біомаси – зерна та побічної продукції (табл. 3.4).

Усереднені за чотири роки дані щодо ефективності використання вологи рослинами ячменю ярого в залежності попередника показали, що найекономніше культура витрачала вологу за розміщення її після сої – коефіцієнт водоспоживання становив, 293,4 м³/т, що у абсолютному значенні було на 97,9 м³/т менше за контрольний варіант (кукурудза на зерно). За розміщення досліджуваної культури після ріпаку озимого цей показник становив 314,4 м³/т, що достовірно менше, ніж після кукурудзи на зерно, проте суттєво більше, ніж після сої. Коефіцієнт водоспоживання рослинами ячменю ярого за розміщення після соняшнику був суттєво менший на 42,8 м³/т за контроль. Таким чином, усі досліджувані попередники забезпечили суттєве зменшення порівняно з контролем споживання води рослинами ячменю ярого для формування врожаю (табл. 3.4).

Згідно з розрахованими коефіцієнтами водоспоживання, рослини ячменю ярого найекономніше використовували вологу на одиницю врожаю за використання полицевого обробітку ґрунту (оранка) – коефіцієнт водоспоживання становив у середньому 324,8 м³/т. Коефіцієнт водоспоживання за використання варіантів безполицевого мілкого й поверхневого обробітків ґрунту підвищувався на, відповідно, 7,7 і 28,6 м³/т, за показника $H_{iP_{05}} = 3,4$ мм. Таким чином, застосування безполицевого мілкого і поверхневого обробітки

грунту призводило до збільшення витрати води рослинами ячменю на одиницю врожаю. Отримані результати узгоджуються з дослідженнями Tsyliuryk et al. (2020), згідно яких проведення дискового обробітку в технологію вирощування ячменю ярого істотно зменшувало врожайність зерна та збільшувало коефіцієнт водоспоживання в 1,1–1,2 рази [61].

Таблиця 3.4

**Водоспоживання ячменю ярого залежно від попередника та обробітку
грунту, в середньому за 2021–2024 рр.**

Попередник (А)	Основний обробітку ґрунту (В)	Показники водоспоживання*					
		W _п	W _к	О	S	У	К
Кукурудза на зерно	Полицевий (к)	154,3	58,6	218,9	329,0	9,4	367,9
	Безполицевий мілкий	157,1	61,1	218,9	329,2	9,0	385,1
	Безполицевий поверхневий	160,5	58,5	218,9	335,3	8,1	420,8
Соя	полицевий (к)	159,3	60,2	218,9	332,4	12,1	280,6
	Безполицевий мілкий	164,7	62,6	218,9	335,4	11,8	293,6
	Безполицевий поверхневий	164,4	61,7	218,9	336,0	11,2	306,1
Ріпак озимий	полицевий (к)	162,6	61,6	218,9	334,2	11,3	305,3
	Безполицевий мілкий	169,9	63,9	218,9	339,3	11,3	313,0
	Безполицевий поверхневий	170,1	64,8	218,9	338,6	10,8	324,8
Соняшник	полицевий (к)	149,5	56,8	218,9	326,0	9,9	345,4
	Безполицевий мілкий	156,5	58,2	218,9	331,6	10,2	338,3
	Безполицевий поверхневий	159,3	56,3	218,9	336,2	9,7	361,9
НіР₀₅(АВ)		-	-	-	-	-	5,9
У середньому за попередниками							
Кукурудза на зерно		157,3	59,4	218,9	331,2	8,8	391,3
Соя		162,8	61,5	218,9	334,6	11,7	293,4
Ріпак озимий		167,5	63,4	218,9	337,4	11,1	314,4
Соняшник		155,1	57,1	218,9	331,3	9,9	348,5
НіР₀₅(А)		-	-	-	-	-	3,0
У середньому за варіантами основного обробітку ґрунту							
Полицевий (к)		156,4	59,3	218,9	330,4	10,7	324,8
Безполицевий мілкий		162,0	61,4	218,9	333,9	10,6	332,5
Безполицевий поверхневий		163,6	60,3	218,9	336,5	9,9	353,4
НіР₀₅(В)		-	-	-	-	-	3,4

***Примітка:** W_п – запаси продуктивної вологи в ґрунті на початку вегетації, мм; W_к – запаси продуктивної вологи в ґрунті в кінці вегетації, мм; О – кількість опадів за вегетаційний період ячменю ярого, мм; S – сумарне водоспоживання, мм; У – сумарний урожай абсолютно сухої речовини (основна і побічна продукція), т/га; К – коефіцієнт водоспоживання, м³/т.

Аналізуючи вплив взаємодії досліджуваних факторів слід відмітити, що достовірно найекономніше витрачав вологу на формування урожаю ячмінь ярий вирощений за поєднання сої як попередника з оранкою в якості основного обробітку ґрунту, що забезпечує коефіцієнт водоспоживання культури на рівні $280,6 \text{ м}^3/\text{т}$ за показника $\text{НіР}_{05} = 5,9 \text{ м}^3/\text{т}$.

Також, на нашу думку, слід виділити ще декілька поєднань факторів, зокрема, використання сої в комбінації з безполицевим поверхневим обробітком та ріпаку озимого з оранкою, які забезпечили достовірно не відмінні між собою коефіцієнти водоспоживання культури, відповідно, $306,1$ $305,3 \text{ м}^3/\text{т}$.

Окрім того, із загальної тенденції вирізняється поєднання соняшника з безполицевим мілким обробітком, що забезпечило менший на $7,1 \text{ м}^3/\text{т}$ коефіцієнт водоспоживання культури, порівняно з варіантом використання цього ж попередника та оранки. Тоді як, поєднання решти попередників з безполицевим мілким обробітком завжди призводило до більшого водоспоживання ячменю ярого, порівняно з оранкою. Це, як ми вважаємо, вказує на доцільність використання мілкового обробітку ґрунту саме у разі розміщення ячменю ярого після таких попередників як соняшник, які залишають після себе не стабільне вологозабезпечення в ґрунті.

3.2. Агрофізичні властивості ґрунту залежно від основного обробітку ґрунту та попередників

Однією з ключових загроз для сучасного землеробства в Україні виступає деградація ґрунтів, що має як екологічні, так і соціально-економічні наслідки. Найбільш уразливими в цьому аспекті є чорноземи – унікальні за своєю родючістю ґрунти, які становлять основу продовольчої безпеки держави [4]. Проте, інтенсивне використання агроландшафтів, застосування енергозатратних технологій обробітку, невиважене управління рослинними рештками та скорочення вмісту органічної речовини призводять до поступової деградації їхніх властивостей. Це проявляється у зниженні рівня гумусу, погіршенні структури та зменшенні водоутримувальної здатності, що безпосередньо позначається на продуктивності культур [83]. У таких умовах вивчення впливу

систем основного обробітку та попередників на агрофізичні характеристики чорноземів набуває особливої актуальності. Рациональне поєднання цих факторів може не лише уповільнити деградаційні процеси, а й сприяти відновленню структури, покращенню водного і повітряного режимів та збереженню родючості ґрунтів у довготривалій перспективі [46, 78, 95, 260].

Об'єм, тип та розмір пор у ґрунті виступають одним із ключових показників його «здоров'я», оскільки саме ці характеристики визначають водний, повітряний і тепловий режими оброблюваного шару [81]. Науково доведено, що оптимальною для більшості сільськогосподарських культур є будова ґрунту з загальною пористістю у межах 50–60 %. При цьому, важливим є співвідношення між капілярними й некапілярними порами: об'єм некапілярних має становити 12,5–30,0 %, тоді як капілярних – близько 30,0–37,5 % [245]. Саме така будова забезпечує достатнє зволоження орного шару, вільний рух повітря та сприятливий тепловий режим, що є визначальними для росту та розвитку культурних рослин.

За результатами досліджень Цилюрика О. встановлено, що між щільністю складання та загальною пористістю ґрунту існує чіткий обернений зв'язок, при цьому зі зростанням об'ємної маси показники пористого простору зменшуються. Вчений відзначає, що застосування оранки та чизельного розпушування, а також залишення післяжнивних решток на поверхні поля сприяє покращенню структурного стану орного шару, внаслідок чого загальна пористість може досягати 54,3 %, а рівень аерації – 30,3–32,4 % [305].

Згідно даних Цюка О. А. та Центиля Л. В., використання мілкового безполицевого обробітку супроводжувалося зменшенням загальної пористості на 2,2 % порівняно з оранкою [307]. Аналогічні тенденції наведено у працях Танчика С. П. та співавторів, де за мілкового безполицевого та поверхневого обробітків пористість ґрунту знижувалася до 46,5–47,8 %. Для порівняння, у варіантах із застосуванням оранки цей показник становив відповідно 49,0 та 50,9 % [295].

Обліки загальної пористості ґрунту, проведені перед сівбою ячменю ярого, вказують на оптимальні параметри цього показника за всіх варіантів

попередників та обробітку ґрунту. За даними наших розрахунків було відмічено закономірне зменшення кількості пор у ґрунті за збільшення глибини відбору зразка (рис. 3.2, дод. Д).

Після попередників ріпаку озимого та соняшнику пористість ґрунту змінювалася від, відповідно, 57,6 % і 56,5 % у верхній 0–10 см товщі до 52,4 % у товщі 20–30 см, що суттєво краще за контрольний варіант кукурудзу на зерно з показниками, відповідно, 54,9 та 51,5 %. Після попередника сої загальна пористість зі значеннями 55,4 % у шарі 0–10 см та 51,4 – у 20–30 товщі суттєво не відрізнялася від контролю. Таким чином, використання ріпаку озимого у якості попередника для ячменю ярого забезпечує найсприятливішу будову ґрунту на період сівби культури.

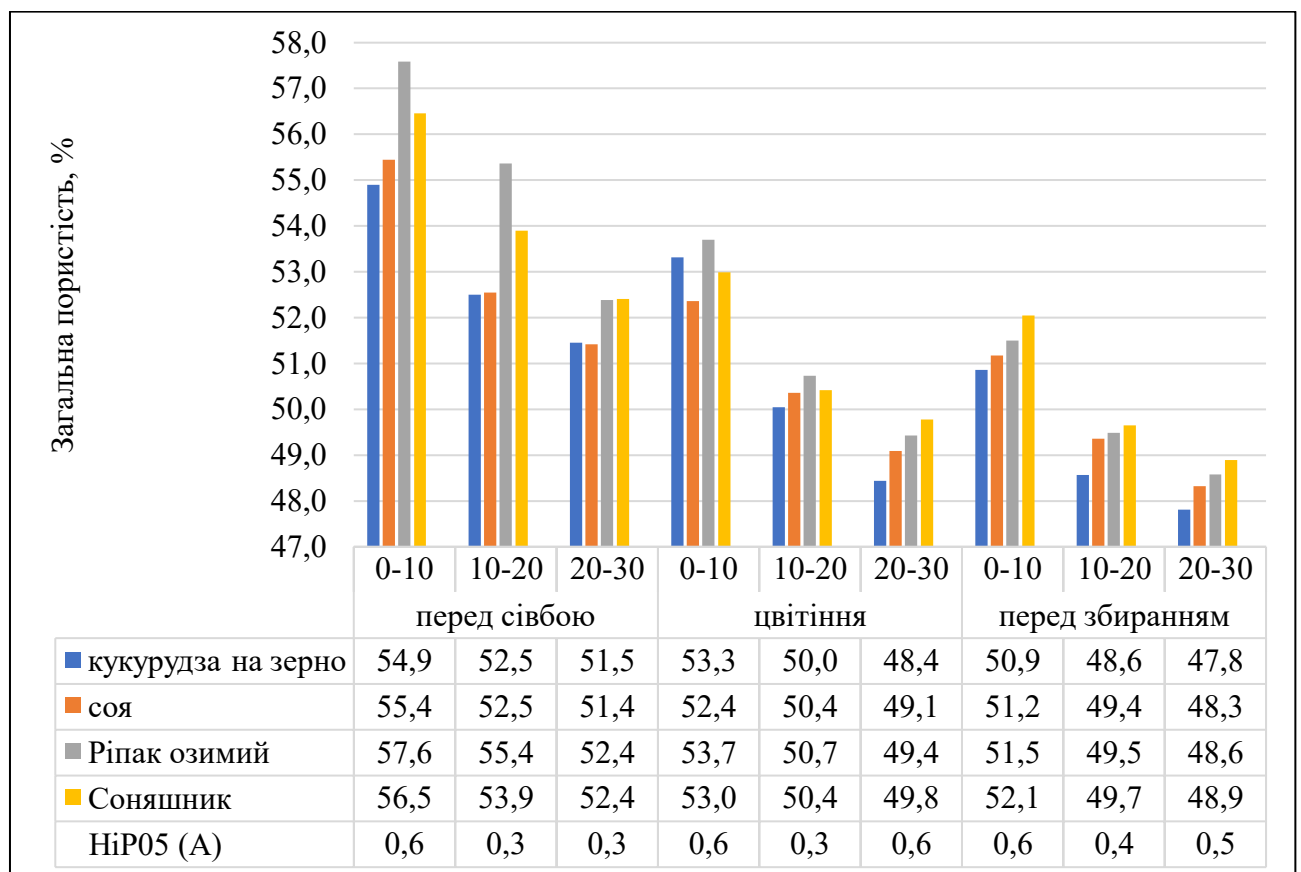


Рис. 3.2. Динаміка зміни загальної пористості ґрунту залежно від попередників, в середньому за 2021–2024 рр.

Наступні обліки, проведені в період цвітіння культури засвідчили зменшення загальної кількості щілин у ґрунті після всіх попередників. Також, було відмічено зменшення різниці між досліджуваними варіантами, оскільки, в другій половині періоду вегетації ячменю ярого відбувається інтенсивне

висушування орного шару, що спричиняє його усідання (дод. Д). Тому, зміни у величині пористості ґрунту носили скоріше тенденційний характер. До прикладу, у верхній 0–10 см товщі ґрунту після ріпаку озимого загальна пористість становила 53,7 %, що лише на 0,4 відсоткових пункти (в. п.) перевищує контроль і не є суттєвою величиною. Також, збереглася тенденція до зменшення порового простору в ґрунті після сої – 52,4 %, що достовірно, на 0,9 в. п. менше контролю.

В глибших шарах ґрунту, 10–20 та 20–30 см, всі досліджувані попередники забезпечували на, відповідно, 0,4–0,7 та 0,7–1,4 в. п. більшу пористість, ніж на контролі.

Вплив варіантів основного обробітку ґрунту змінювався залежно від глибини відбору зразка. На період сівби культури в шарі 0–10 см величина загальної пористості ґрунту не залежала від варіанту основного обробітку і становила 55,9–56,2 %. На глибині 10–20 та 20–30 см пористість ґрунту за безполицевих варіантів була достовірно меншою, ніж на оранці й становила, відповідно, 53,5 та 51,8 % за мілкого та 52,9 та 51,5 – за поверхневого обробітків (рис. 3.3). Це пояснюється меншою глибиною втручання робочих органів ґрунтообробних агрегатів за проведення дискування, порівняно з оранкою. Таким чином, варіанти з поверхневим та мілким дискуванням створюють більш розпушений верхній 0–10 см шар, залишаючи щільними нижні. Проте, параметри пористості за цих варіантів не опускалися до критичних значень і були в межах, оптимальних для культури. Отже, можна стверджувати, що заміна оранки неглибоким дисковим обробітком не призводить до погіршення такого агрофізичного параметра ґрунту як його пористість, яка становить вище 50 %.

Упродовж вегетаційного періоду під дією зволоження, підсихання та технологічного навантаження відбувається поступове осідання ґрунтової маси, що проявлялося за усіх досліджуваних варіантів обробітку ґрунту. На період цвітіння культури після безполицевого мілкого та безполицевого поверхневого основних обробітків у всіх досліджуваних шарах ґрунту спостерігалось достовірно менший об'єму ґрунту зайнятого порами порівняно з контролем. Зокрема, у верхній 0–10 см товщі ґрунту загальна пористість становила 52,7 % за

безполицевого мілкого варіанту та 52,8 – за поверхневого. У шарах 10–20 та 20–30 см безполицевий мілкий обробіток забезпечив 49,8 та 48,9 % пор, а безполицевий поверхневий, відповідно, 49,6 та 49,0 %, що теж істотно відрізнялося від контролю полицевого обробітку 51,7 та 49,7 %. Це зумовлено тим, що основний безполицевий обробіток не забезпечує достатнього розпушення орного шару в нижніх шарах, внаслідок чого ґрунт формується більш щільним уже на початку вегетації і залишається таким до збирання культури (рис 3.3, дод Д).

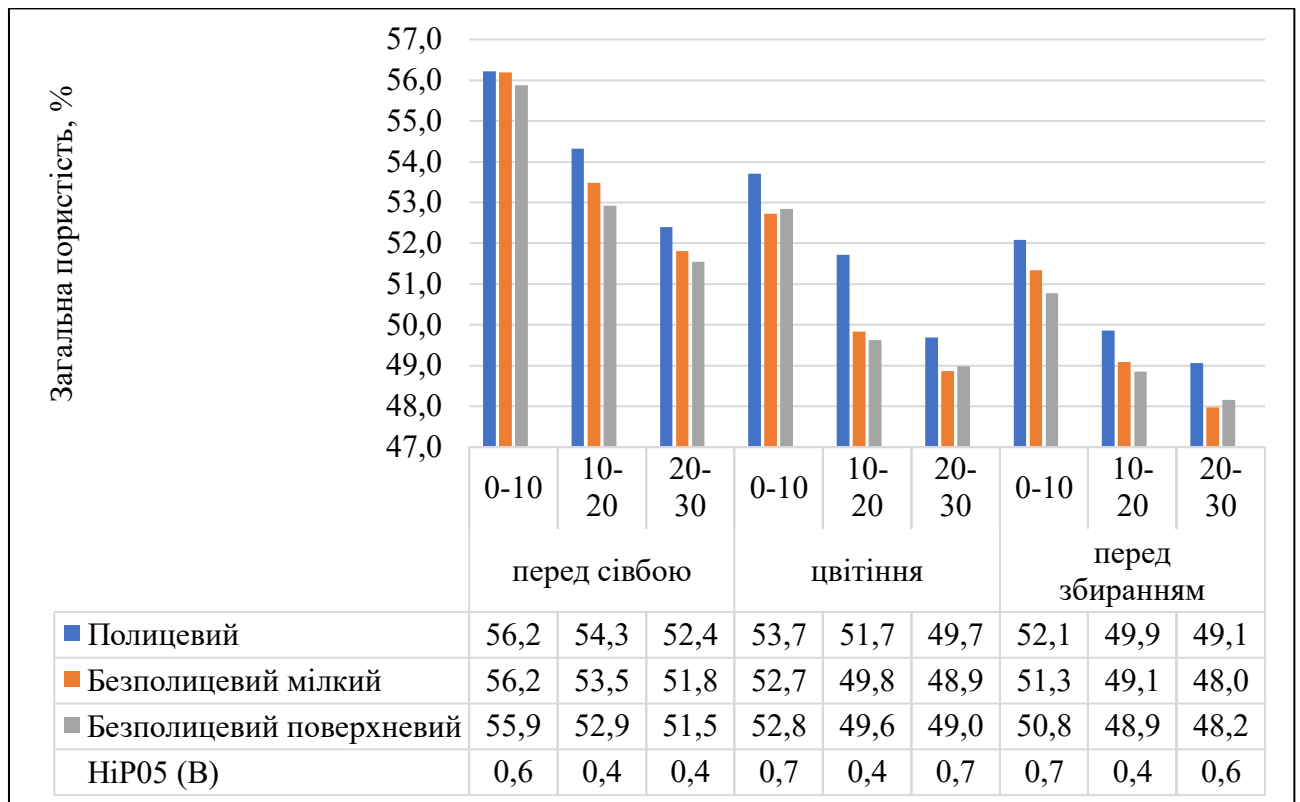


Рис. 3.3. Динаміка зміни загальної пористості ґрунту залежно від варіантів основного обробітків ґрунту, в середньому за 2021–2024 рр.

Схожа тенденція між обробітками збереглася й до періоду збирання культури. На цей час між безполицевими варіантами обробітку ґрунту суттєвої різниці не було, проте вони істотно поступалися полицевому в усіх досліджуваних шарах. Зокрема, у шарах 0–10, 10–20 та 20–30 см безполицевий мілкий обробіток забезпечував, відповідно, 51,3, 49,1 та 48,0 % пор в ґрунті, а безполицевий поверхневий – 50,8, 48,9 та 48,2 %, тоді як на контрольному варіанті ці значення становили 52,1, 49,9 та 49,1 % відповідно. Це зумовлено тим, що частина макропор ущільнюється або переходить у дрібніші, що знижує

загальну пористість. Натомість полицевий обробіток створює більш пухку будову орного шару, що сприяє збереженню більшого об'єму пор аж до кінця вегетації культури.

З метою визначення ефективності досліджуваних факторів було проведено визначення структурного складу ґрунту в 0–30 см його товщі. Результати досліджень вказують, що якість структури значною мірою залежала від попередників. У середньому за попередниками найвищий відсоток повітряно-сухих агрономічно-цінних структурних фракцій (0,25–10 мм) на період сівби ячменю ярого був після ріпаку озимого. Зокрема, після нього в шарі ґрунту 0–10 см цей показник становив – 74,0 %, а в 10–20 і 20–30 см – 76,1 та 74,5 %, що істотно більше контролю на, відповідно, 2,8, 4,2 та 1,9 в. п. (табл. 3.5). Це зумовлено, на нашу думку, тим, що глибока стрижнева коренева система ріпаку може сприяти розпушенню ґрунту й підвищенню частки некапілярних пор, що покращувало його структурний стан. Також післяжнивні рештки ріпаку містять значну кількість органічної речовини, яка відносно швидко мінералізується, стимулюючи утворення стійких агрегатів грудкувато-зернистої будови.

Найгірші зміни у структурному стані ґрунту спостерігалися після сої. Хоча ця культура належить до бобових і збагачує ґрунт біологічним азотом, її коренева система відносно слабка і розвинена переважно у верхніх горизонтах. Це зумовлює недостатній вплив на глибші шари ґрунту та не забезпечує ефективного розпушення, як у випадку з ріпаком озимим чи кукурудзою. Крім того, соя залишає після себе незначну кількість післяжнивних решток із низьким співвідношенням вуглецю до азоту, що призводить до швидкої мінералізації та зниження вмісту органічної речовини в ґрунті.

У результаті формування грудкувато-зернистої фракції (0,25–10 мм) після сої було найгірше. Так, перед сівбою ячменю ярого в шарах 0–10, 10–20 та 20–30 см відсоток агрономічно-цінних агрегатів становив, відповідно, 68,0, 69,8 та 70,0, що істотно – на 3,2, 2,1 та 2,6 в. п. менше від контролю кукурудзи на зерно. При цьому, зростала частка брилистих агрегатів (> 10 мм) та розпорошених (< 0,25 мм). Подібні результати отримані у дослідженнях Усика (2017), де після

сої запаси продуктивної вологи в ґрунті були нижчими, ніж після інших культур-попередників, що безпосередньо впливало на якість структури [301].

Після соняшника вміст агрономічно-цінних агрегатів був на рівні контрольного варіанту й становив 70,7 % у верхній 0–10 см товщі та 72,1 і 71,8 % у прошарках, відповідно, 10–20 і 20–30 см (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Уміст повітряно-сухих агрономічно-цінних агрегатів у ґрунті, в середньому за 2021–2024 рр.

Попередник (А)	Основний обробіток ґрунту (В)	Вміст агрегатів 0,25–10 мм, % до маси ґрунту					
		Перед сівбою			Перед збиранням		
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Кукурудза на зерно (к)	Полицевий (к)	69,4	70,1	72,2	70,4	71,8	72,4
	Безполицевий мілкий	71,5	72,2	72,3	73,4	73,4	73,4
	Безполицевий поверхневий	72,6	73,3	73,3	74,1	74,5	74,7
Соя	Полицевий (к)	67,5	68,9	67,8	69,3	70,7	70,9
	Безполицевий мілкий	67,7	69,4	69,9	69,2	70,3	71,9
	Безполицевий поверхневий	69,0	71,2	72,3	71,4	72,8	73,8
Ріпак озимий	Полицевий (к)	71,3	75,3	74,4	81,6	78,7	77,3
	Безполицевий мілкий	74,1	76,6	75,8	77,1	80,1	77,4
	Безполицевий поверхневий	76,7	76,4	73,4	77,1	78,3	75,1
Соняшник	Полицевий (к)	69,7	72,2	73,2	68,6	69,6	70,0
	Безполицевий мілкий	71,6	72,1	72,6	69,9	70,2	69,1
	Безполицевий поверхневий	70,7	72,0	71,8	71,4	72,6	68,2
НіР₀₅(АВ)		1,2	0,9	1,3	1,1	0,9	0,8
У середньому за попередниками							
Кукурудза на зерно (к)		71,2	71,9	72,6	72,6	73,3	73,5
Соя		68,0	69,8	70,0	70,0	71,3	72,2
Ріпак озимий		74,0	76,1	74,5	78,6	79,0	76,6
Соняшник		70,7	72,1	72,5	70,0	70,8	69,1
НіР₀₅(А)		0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4
У середньому за варіантами основного обробітку ґрунту							
Полицевий (к)		69,5	71,6	71,9	72,5	72,7	72,6
Безполицевий мілкий		71,2	72,6	72,7	72,4	73,5	72,9
Безполицевий поверхневий		72,3	73,2	72,7	73,5	74,6	72,9
НіР₀₅(В)		0,7	0,5	0,7	0,6	0,5	0,5

Варіанти основного обробітку ґрунту теж істотно вплинули на його структурний стан. Приблизно рівні умови сформувалися за безполицевого мілкового та поверхневого обробітків. Перевага безполицевого мілкового обробітку

над полицевим (оранкою) в 0–10 см товщі становила 1,7 в. п., а в шарах 10–20 і 20–30 см, відповідно, 1,0 та 0,8 в. п. Безполицевий поверхневий варіант переважав контрольний на, відповідно, 2,8, 1,6 та 0,8 в. п. Відмічено більшу перевагу безполицевих варіантів над оранкою саме у верхній 0–10 см товщі ґрунту, порівняно з глибшими шарами (табл. 3.5). Це свідчить про збереження більш сприятливої будови ґрунту завдяки залишенню рослинних решток у верхньому горизонті та зниженню інтенсивності механічного впливу знарядь обробітку. Наявність післяжнивних решток виконувала функцію мульчі, що зменшувало руйнування агрегатів, а також сприяло стабілізації структури за рахунок додаткового надходження органічної речовини.

До завершення вегетації досліджуваної культури у структурному стані ґрунту відбулися певні зміни, які були зумовлені як попередниками, так і варіантами обробітку ґрунту. Зокрема, покращення структурного стану ґрунту спостерігали за розміщення ячменю ярого після всіх культур, окрім соняшника. В цілому найбільш помітним збільшення агрономічно-цінних повітряно-сухих ґрунтових фракцій було за розміщення культури після ріпаку озимого. У цьому випадку, відмічено їх збільшення з 74,0 до 78,6 % (4,6 в. п.) у 0–10 см шарі. У прошарках 10–20 та 20–30 см зміни становили, відповідно, з 76,1 до 79,0 (2,9 в. п.) і з 74,5 до 76,6 % (1,9 в. п.). Після сої та кукурудзи на зерно зміни були менш значними. Після соняшнику у верхній 0–10 см товщі вміст повітряно-сухих агрономічно-цінних агрегатів, навпаки, знизився з 70,7 % на початку вегетації культури до 70,0 – в кінці. У інших досліджуваних горизонтах зміни становили з 72,1 до 70,8 % у шарі 10–20 см та з 72,5 до 69,1 – 20–30 см.

Усереднені дані за варіантами основного обробітку ґрунту вказують, що вміст агрономічно-цінних структурних фракцій до завершення вегетації культури в цілому збільшувався за всіх обробітків. Перевага безполицевих мілкового та поверхневого обробітків також збереглася на цей період.

У результаті, слід відмітити, що найкращим поєднанням факторів з точки зору впливу на вміст агрономічно-цінних повітряно-сухих структурних агрегатів було використання ріпаку озимого як попередника на фоні безполицевого мілкового обробітку ґрунту.

Одним із ключових критеріїв оцінки структурно-агрегатного складу ґрунту є його водотривкість. Під цим показником розуміють стійкість ґрунтових агрегатів до руйнівного впливу води. Чим вищою є водотривкість, тим менше руйнується структура під час зволоження та тим стабільніше зберігається система мікро- і макроагрегатів. Формування стійкої структури значною мірою залежить від рівня забезпечення ґрунту органічною речовиною. Наукові дані свідчать, що покращення водотривкості ґрунту пов'язане зі зростанням біомаси коренів, підвищенням гумусового стану та активізацією мікробіологічних процесів, які сприяють цементації часточок у стійкі агрегати. Це підтверджує тісний взаємозв'язок між агротехнічними заходами, спрямованими на накопичення органічної маси, та підвищенням стійкості ґрунтової структури до руйнування під дією води.

Порівняння попередників та варіантів основного обробітку в наших дослідженнях показало суттєві відмінності у вмісті водотривких агрегатів агрономічно-цінної фракції понад 0,25–10 мм. У наших дослідженнях істотно впливали на водотривкість структури ґрунту попередники. Найбільш сприятливі умови для збереження стійкої структури ґрунту формувалися після ріпаку озимого, де частка водотривких агрегатів перед сівбою істотно перевищувала контрольний варіант (кукурудза на зерно) на 2,5 в. п. в товщі 0–10 см, 3,7 – 10–20 та 1,7 в. п. у шарі 20–30 см. Соняшник забезпечував показники на рівні контролю, тоді як після сої відмічалось зниження вмісту водотривких агрегатів на, відповідно, 3,1, 2,1 та 2,5 в. п. залежно від шару ґрунту, що свідчить про негативний вплив культури на структурну стійкість чорнозему (табл. 3.6).

Серед варіантів основного обробітку ґрунту найвищий рівень водотривких агрегатів зафіксовано у варіантах безполицевого поверхневого та мілкого обробітку, тоді як полицева оранка спричиняла часткове руйнування структури і зменшення частки водотривких агрегатів в усіх досліджуваних шарах. Перевага безполицевого мілкого обробітку ґрунту становила 4,2 в. п у верхній 0–10 см товщі ґрунту, 3,5 – 10–20 та 3,4 в. п. у 20–30 см товщі. При цьому не відмічено достовірних відмінностей між безполицевим мілким та поверхневим обробітками. Це свідчить про те, що проведення полицевого обробітку (оранки)

сприяє деструкції агрегатів, тоді як мінімальні системи створюють умови для кращого збереження структурної стійкості ґрунту.

Таблиця 3.6

Уміст водотривких агрономічно-цінних агрегатів у ґрунті, в середньому за 2021–2024 рр.

Попередник (А)	Основний обробіток ґрунту (В)	Вміст агрегатів 0,25–10 мм, % до маси ґрунту					
		Перед сівбою			Перед збиранням		
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Кукурудза на зерно (к)	Полицевий (к)	60,4	61,0	62,8	61,2	62,5	63,0
	Безполицевий мілкий	64,3	65,0	65,1	66,1	66,1	66,1
	Безполицевий поверхневий	65,4	66,0	65,9	66,7	67,1	67,2
Соя	Полицевий (к)	58,0	59,3	58,3	59,6	60,8	61,0
	Безполицевий мілкий	60,9	62,4	63,0	62,3	63,2	64,7
	Безполицевий поверхневий	62,1	64,1	65,1	64,3	65,6	66,4
Ріпак озимий	Полицевий (к)	62,1	65,5	64,7	71,0	68,5	67,2
	Безполицевий мілкий	66,7	69,0	68,2	69,4	72,1	69,6
	Безполицевий поверхневий	69,1	68,7	66,0	69,4	70,4	67,6
Соняшник	Полицевий (к)	59,3	61,3	62,2	58,3	59,2	59,5
	Безполицевий мілкий	64,4	64,9	65,4	62,9	63,2	62,2
	Безполицевий поверхневий	63,6	64,8	64,6	64,2	65,3	61,4
НіР₀₅(АВ)		1,0	0,8	1,2	1,0	0,8	0,8
У середньому за попередниками							
Кукурудза на зерно (к)		63,4	64,0	64,6	64,7	65,2	65,4
Соя		60,3	61,9	62,1	62,0	63,2	64,0
Ріпак озимий		65,9	67,7	66,3	69,9	70,3	68,1
Соняшник		62,4	63,7	64,1	61,8	62,6	61,0
НіР₀₅(А)		0,5	0,4	0,6	0,5	0,4	0,4
У середньому за варіантами основного обробітку ґрунту							
Полицевий (к)		59,9	61,8	62,0	62,5	62,7	62,7
Безполицевий мілкий		64,1	65,3	65,4	65,2	66,1	65,6
Безполицевий поверхневий		65,0	65,9	65,4	66,2	67,1	65,6
НіР₀₅(В)		0,6	0,5	0,7	0,6	0,5	0,5

Схожі тенденції у водотривкості ґрунтової структури збереглися й до періоду збирання ячменю ярого (табл. 3.6).

Слід відзначити, що надмірне збільшення об'ємної маси ґрунту є одним із ключових чинників, які визначають його фізичні властивості та агрономічну якість. Перевищення оптимальних значень цього показника призводить до ущільнення орного шару, що негативно впливає на водопроникність і повітряний

режим ґрунту, ускладнює розвиток кореневої системи культур та знижує інтенсивність мікробіологічних процесів. У результаті погіршуються умови живлення та зволоження рослин, що безпосередньо відображається на продуктивності агроценозів. Для зернових колосових культур на чорноземах типових нормальна об'ємна маса не повинна перевищувати $1,4 \text{ г/см}^3$. За результатами досліджень Карташова С. Г. та ін. встановлено, що оптимальна щільність ґрунту на період сівби культур повинна бути в межах $1,1\text{--}1,2 \text{ г/см}^3$ [175]. Перевищення цього показника може спричинити серйозні негативні наслідки для продуктивності культур [226]. За аналізами досліджень закордонних та українських вчених однією з основних проблем, що виникають за високої об'ємної маси ґрунту це зменшення кількості в ньому пор, через що обмежується доступність води та поживних речовин для рослини [23, 95, 57]. У своїх дослідженнях Reintam Enola та ін. відмітили, що через ущільнені шари, витрачається енергія на ріст коріння ячменю ярого, що призводить до зменшення довжини та біомаси пагонів і колосся, навіть якщо біомаса коренів залишається незмінною [119].

Також підвищення об'ємної маси впливає на процеси обробітку ґрунту. В орних ґрунтах із високою об'ємною масою збільшується сила тяги ґрунтообробних агрегатів. Це вимагає додаткових витрат енергії для виконання обробітку, що підвищує енергоспоживання і знижує економічну ефективність виробництва [37].

Основним обробітком та попередниками можна покращити агрофізичні властивості ґрунту, зокрема і його об'ємну масу. Дослідження вказують на те, що залежно від методу та глибини обробітку ґрунту спостерігається його різна щільність. Згідно досліджень, проведення мілкового дискування ґрунту на глибину 10–12 см тенденційно призводить до збільшення об'ємної маси порівняно з оранкою [202, 244, 226]. Ця закономірність підтверджується й у дослідженнях таких вчених як Гаврилюка Ю. В., Цюка О. А, які вказують на підвищення щільності ґрунту при застосуванні мілкового безполицевого обробітку [275, 307, 178].

Величина об'ємної маси ґрунту значною мірою залежить від попередника, а саме від кількості органічної речовини, яку він після себе залишає, особливостей його кореневої системи та її впливу на ґрунт. Культури з глибоким корінням можуть покращувати структуру ґрунту, знижуючи його щільність, тоді як вирощування рослини, що потребують частого обробітку або мають поверхневу кореневу систему, може супроводжуватися ущільненням ґрунту, що в свою чергу призводить до зменшення урожайності [202, 72].

Об'ємна маса ґрунту є одним із ключових агрофізичних параметрів, що впродовж вегетаційного періоду характеризується значною мінливістю. На її динаміку впливають вологість і температурний режим орного шару, а також структура ґрунту. Водночас істотну роль у зміні цього показника відіграють агротехнічні чинники, серед яких найвагомішими є попередники та системи основного обробітку. Саме вони зумовлюють різний ступінь ущільнення або розпушення ґрунтової товщі, що визначає особливості водного та повітряного режимів, мікробіологічну активність і, як наслідок, продуктивність посівів.

Збільшення щільності складення ґрунту від передпосівного періоду до збирання культури відбувалося поступово. Крім того, цей показник зростав не лише впродовж періоду вегетації, але й за глибиною: збільшення щільності спостерігалось від верхніх шарів до нижніх. Зокрема, верхні шари ґрунту, де концентрація органічної речовини була вищою, менш схильні до ущільнення, в той час як нижні, особливо в зоні активного кореневого росту, піддавалися більшому ущільненню. Цей процес був однаковим для всіх варіантів дослідів, що включали різні попередники та заходи основного обробітку ґрунту (табл. 3.7).

Аналізуючи усереднений вплив попередників на об'ємну масу, слід відмітити зменшення її показників за вирощування ячменю ярого після ріпаку озимого та соняшнику, завдяки властивостям розвиненої кореневої системи цих культур глибоко проникати в ґрунт та покращувати його структуру. В середньому перед сівбою ячменю ярого об'ємна маса ґрунту після цих попередників становила, відповідно, 1,10 та 1,13 г/см³ в 0–10 см товщі. Тоді як на контрольному варіанті (кукурудза на зерно) цей показник дорівнював 1,18 г/см³. Подібна тенденція була зафіксована також в шарах 10–20 та 20–30 см.

Середнє значення після попередника ріпаку озимого становило, відповідно, 1,16 г/см³ та 1,23 г/см³, а після соняшнику – 1,19 та 1,23 г/см³. Однак, за вирощування ячменю ярого після сої спостерігається тенденція до збільшення об'ємної маси ґрунту до 1,26–1,27 г/см³ в нижніх досліджуваних горизонтах, особливо на фоні безполицевого мілкого та поверхневого обробітків. Проте, слід відмітити, що зафіксовані значення об'ємної маси ґрунту за всіх досліджуваних попередників не перевищували оптимальних величин для вирощуваної культури. Зафіксовані відмінності в щільності ґрунту залежно від попередника збереглися й до збирання ячменю ярого (табл. 3.7) [263].

Таблиця 3.7

Динаміка об'ємної маси ґрунту в полі ячменю ярого залежно від попередника та основного обробітку ґрунту, в середньому за 2021–2024 рр.

Фактор А	Фактор В	Об'ємна маса ґрунту, г/см ³								
		Перед сівбою			Цвітіння			Перед збиранням		
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Кукурудза на зерно (к)	Пол. (к)	1,17	1,21	1,26	1,22	1,26	1,32	1,27	1,32	1,34
	Б. м.	1,18	1,24	1,25	1,20	1,32	1,35	1,26	1,34	1,36
	Б. п.	1,19	1,24	1,26	1,21	1,30	1,34	1,29	1,34	1,36
Соя	Пол. (к)	1,15	1,22	1,24	1,21	1,25	1,31	1,25	1,31	1,33
	Б. м.	1,17	1,23	1,26	1,24	1,31	1,32	1,27	1,32	1,34
	Б. п.	1,16	1,24	1,27	1,25	1,30	1,33	1,27	1,33	1,35
Ріпак озимий	Пол. (к)	1,10	1,14	1,21	1,18	1,24	1,29	1,23	1,28	1,31
	Б. м.	1,09	1,15	1,24	1,22	1,29	1,32	1,26	1,31	1,34
	Б. п.	1,11	1,18	1,25	1,20	1,30	1,32	1,28	1,33	1,34
Соняшник	Пол. (к)	1,12	1,16	1,22	1,19	1,25	1,29	1,22	1,29	1,30
	Б. м.	1,13	1,20	1,24	1,24	1,29	1,31	1,25	1,32	1,35
	Б. п.	1,14	1,22	1,24	1,22	1,31	1,30	1,26	1,31	1,32
НіР₀₅ (АВ)		0,026	0,017	0,019	0,030	0,016	0,018	0,030	0,016	0,018
У середньому за попередниками										
Кукурудза на зерно (к)		1,18	1,23	1,26	1,21	1,29	1,34	1,27	1,33	1,35
Соя		1,16	1,23	1,26	1,23	1,29	1,32	1,26	1,32	1,34
Ріпак озимий		1,10	1,16	1,23	1,20	1,28	1,31	1,26	1,31	1,33
Соняшник		1,13	1,19	1,23	1,22	1,28	1,30	1,24	1,31	1,32
НіР₀₅ (А)		0,012	0,009	0,010	0,012	0,009	0,010	0,012	0,009	0,011
У середньому за варіантами основного обробітку ґрунту										
Пол. (К)		1,14	1,18	1,23	1,20	1,25	1,30	1,24	1,30	1,32
Б. м.		1,14	1,21	1,25	1,23	1,30	1,33	1,26	1,32	1,35
Б. п.		1,15	1,22	1,26	1,22	1,30	1,32	1,28	1,33	1,34
НіР₀₅ (В)		0,012	0,008	0,011	0,019	0,011	0,010	0,018	0,011	0,010

Примітка: А – попередники; В – системи основного обробітку ґрунту; П (К) – полицевий (контроль) на 23–25 см, Б. м. – безполицевий мілкий на 14–16 см, Б. п. – безполицевий поверхневий на 6–8 см.

При аналізі результатів досліджень впливу основного обробітку на об'ємну масу оброблюваного шару ґрунту в посівах ячменю ярого було встановлено, що варіанти обробітку мають значний вплив на його об'ємну масу. Зокрема, безполицеві обробітки спричиняли збільшення об'ємної маси порівняно з оранкою. На період сівби культури в товщі ґрунту 0–10 см суттєвих відмінностей в його об'ємній масі між оранкою та безполицевими обробітками не виявлено. Тоді як, починаючи з шару 10–20 см спостерігалось збільшення щільності, порівняно з попереднім. За безполицевого мілкого та поверхневого обробітків об'ємна маса ґрунту становила, відповідно, 1,21–1,22 г/см³ в 10–20 см товщі та 1,25–1,26 г/см³ – 20–30 см., що переважало контроль (оранку) на 0,03 г/см³. Впродовж вегетаційного періоду ячменю ярого у всіх варіантах основного обробітку ґрунту спостерігалась тенденція до збільшення показника об'ємної маси по досліджуваних шарах ґрунту, що було зумовлено впливом комплексу природних та антропогенних факторів. Проте, критичних значень за цим показником не було зафіксовано на жодному з досліджуваних варіантів [263].

У всіх досліджуваних варіантах основного обробітку ґрунту прослідковується тенденція до ущільнення його оброблюваного шару від періоду сівби до збирання зерна культури. Так, у верхній 0–10 см товщі ґрунту за проведення оранки на 23–25 см показник об'ємної маси збільшився на 0,10 г/см³, 10–20 см – 0,12, а в 20–30 см товщі на 0,09 г/см³. Схожі тенденції прослідковується і за безполицевих варіантів обробітку.

Висновки до розділу 3

У результаті проведених досліджень встановлено вплив попередників та варіантів основного обробітку ґрунту, а також їхньої взаємодії на агрофізичні параметри родючості чорнозему типового.

Запаси продуктивної вологи в ґрунті визначалися досліджуваними факторами, а також суттєво залежали від умов зволоження конкретного року. У

середньому за роки проведення досліджень за розміщення ячменю ярого після сої та ріпаку озимого створювалися найкращі умови для накопичення та збереження ґрунтової вологи в ґрунті. А найефективнішими варіантами основного обробітку ґрунту були безполицевий мілкий та безполицевий поверхневий. У результаті, використання ріпаку озимого як попередника для ячменю ярого в поєднанні з поверхневим безполицевим варіантом обробітку ґрунту, забезпечувало найвищі запаси продуктивної вологи в метровій товщі ґрунту на період сівби культури за чотири роки досліджень – 170,1 мм (+ 7,5 мм до контролю). Ця ж комбінація забезпечувала найвищі значення доступної вологи і в 0–10 та 0–30 см товщах ґрунту, відповідно, 17,2 та 64,7 мм.

Проте, аналіз ефективності використання ґрунтової вологи рослинами ячменю ярого, що виражалось через коефіцієнт водоспоживання культури засвідчив, що найекономніше витрачав вологу на формування урожаю ячмінь ярий вирощений за поєднання сої як попередника з оранкою в якості основного обробітку ґрунту, що забезпечує коефіцієнт водоспоживання культури на рівні 280,6 м³/т.

Використання ріпаку озимого у якості попередника для ячменю ярого та безполицевого мілкого й поверхневого варіантів основного обробітку ґрунту забезпечує найсприятливіші, порівняно з іншими варіантами, параметри його будови впродовж усього періоду вегетації культури.

Найкращим поєднанням факторів з точки зору впливу на вміст агрономічно-цінних повітряно-сухих та водотривких структурних агрегатів було використання ріпаку озимого як попередника на фоні безполицевого мілкого обробітку ґрунту.

Поєднання безполицевих варіантів обробітку ґрунту на меншу глибину (14–16 та 6–8 см), порівняно з оранкою на 23–25 см після всіх досліджуваних попередників у цілому призводило до збільшення об'ємної маси ґрунту, проте, її показники не перевищували межі оптимальних параметрів для культури.

Результати досліджень з даного розділу опубліковано в науковій праці [263].

РОЗДІЛ 4

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНИКІВ ТА ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ НА ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ

4.1. Вплив попередників та основного обробітку ґрунту на вміст нітратного азоту

Нітратна форма азоту (NO_3^-) посідає провідне місце серед доступних сполук азоту в ґрунті та виступає основним джерелом цього елементу живлення для більшості польових культур, у тому числі й ячменю ярого. Вона вирізняється високою мобільністю у ґрунтовому середовищі та швидко поглинається кореневою системою рослин. На початкових етапах органогенезу, коли потреба посівів у мінеральному азоті є найвищою, саме нітратна форма забезпечує інтенсивне наростання вегетативної маси, розвиток вторинного пагоноутворення та формування генеративних органів. Забезпеченість ґрунту NO_3^- у цей період визначає подальший стан посівів, їх урожайний потенціал і якісні характеристики зерна [184].

Нестача нітратного азоту в цей період може призвести до зменшення кількості продуктивних пагонів, зниження маси зерна та загального врожаю. Крім того, надмірне або несвоєчасне внесення азоту може спричинити вилягання посівів або зниження якості зерна, що обумовлює необхідність оптимізації норм і строків азотного живлення з урахуванням агробіологічних потреб ячменю ярого [262, 219, 217].

Ефективність використання нітратного азоту ячменем ярим значною мірою визначається поєднанням агробіологічних, технологічних та кліматичних чинників, насамперед від температурного режиму та зволоження. За достатнього рівня вологи процеси нітрифікації відбуваються інтенсивніше, оскільки мікроорганізми мають оптимальні умови для розвитку Galloway et al. [132]. У вологі роки весняного періоду ґрунт характеризується вищими запасами доступного азоту, що створює сприятливі умови для формування густих і вирівняних сходів ячменю ярого. Навпаки, дефіцит опадів призводить до

зменшення швидкості процесів мінералізації та обмежує рухливість нітратів, що особливо критично на початкових фазах росту рослин [97, 125].

Оскільки у фазі кущення ячменю ярого, коли потреба у нітратному азоті є найвищою, вирішальне значення має достатня кількість вологи у верхньому шарі ґрунту (0–30 см). За умов помірного зволоження відбувається активна мінералізація органічних решток та нагромадження доступного азоту. Водночас весняна посуха або холодна весна знижують активність мікроорганізмів, що істотно обмежує нагромадження нітратів і призводить до формування меншої кількості продуктивних стебел [16, 90].

У період цвітіння визначальною є стабільність погодних умов. Опади в цей час сприяють пролонгованому вивільненню азоту з органічної речовини та підвищенню його доступності, тоді як дефіцит вологи уповільнює нітрифікаційні процеси і погіршує азотне живлення. При цьому висока температура ґрунту у поєднанні з нестачею вологи призводить до інтенсивної мінералізації гумусу, однак вивільнений азот втрачається через денітрифікацію та випаровування

На етапі наливу зерна потреба у нітратному азоті зменшується, проте його наявність у ґрунті продовжує визначати якість урожаю. Достатні опади в цей період забезпечують засвоєння азоту і підвищення маси 1000 зернин, тоді як надлишок вологи може спричинити його вимивання у глибші горизонти. У посушливі умови рухливість нітратів різко знижується, що обмежує їх надходження до рослин, знижуючи показники натури та вмісту білка в зерні [27].

Важливу роль відіграє вибір попередника, що зумовлює рівень доступності поживних речовин у ґрунті, зокрема азотних сполук. Попередники формують агрохімічні та біологічні властивості ґрунту, впливаючи на процеси мінералізації органічної речовини та накопичення нітратного азоту. Дослідження свідчать, що після бобових культур, таких як соя, у ґрунті зазвичай накопичується більше доступного азоту, зокрема у формі NO_3^- , порівняно з попередниками, які не фіксують атмосферний азот, наприклад, ріпаком озимим. Це зумовлено біологічною фіксацією азоту бульбочковими бактеріями, частина якого залишається в ґрунті після збирання врожаю. Як наслідок, ячмінь ярий після сої має кращі стартові умови для розвитку, особливо в фазах активного поглинання

азоту – від кущення до виходу в трубку [274, 88]. На думку багатьох дослідників, найбільш сприятливими для цієї культури вважаються бобові та просапні культури. Так, у роботах Сала Л. та Шевченка Р. зазначається, що найвищу врожайність ячменю отримано після сої, дещо нижчу – після кукурудзи, тоді як найгірші результати були зафіксовані на посівах після соняшника [313]. Тому вибір попередника є важливим фактором, що визначає ефективність азотного забезпечення посівів ячменю ярого [262, 18].

На сьогоднішній день у науковій літературі представлено значний обсяг даних, які підтверджують, що застосування різних систем основного обробітку ґрунту не завжди супроводжується істотними відмінностями у вмісті нітратного азоту в орному шарі. Багато дослідників зазначають, що незалежно від глибини та способу механічного обробітку, головним чинником накопичення та трансформації мінеральних форм азоту залишаються біологічні процеси та погодні умови, тоді як різниця між полицевими і безполицевими варіантами найчастіше проявляється лише у тенденціях розподілу азоту за шарами, а не у загальному його вмісті в орному горизонті [17]. Згідно результатів досліджень Гангур В. В., Лень О. І. та Гангур М. В., використання мінімальних обробітків під ячмінь ярий, порівняно з традиційними способами основного обробітку, навпаки, забезпечувало покращення поживного режиму ґрунту за рахунок підвищення вмісту легкогідролізованих форм азоту та обмінного калію у верхньому (0–20 см) шарі ґрунту. Це свідчить про здатність мінімалізованих систем обробітку підтримувати сталий баланс елементів живлення та створювати сприятливі умови для росту культур у ранні фази вегетації [180].

Уміст нітратного азоту є чутливим до змін зовнішніх умов, що зумовлює його варіативність впродовж вегетаційного періоду. У зв'язку з цим, спостерігалися щорічні коливання його концентрації в оброблюваному шарі ґрунту. Проведені дослідження засвідчили, що попередник і основний обробіток ґрунту суттєво впливали на рівень нітратного азоту в товщі 0–30 см ґрунту в посівах ячменю ярого, і ця тенденція зберігалася впродовж усієї вегетації культури (табл. 4.1).

Також варто відмітити, що на початку вегетації ячменю ярого вміст нітратного азоту в ґрунті був на 50–60 % вищим, порівняно з періодом збирання, що у значній мірі зумовлено інтенсивним засвоєнням цього елементу рослинами впродовж вегетації, а також втратами внаслідок вилуговування та денітрифікації [165].

За результатами чотирирічних спостережень нами було визначено, що перед сівбою ярого ячменю ґрунт після сої характеризувався підвищеним вмістом нітратного азоту в досліджуваних шарах, порівняно з контрольним варіантом. Зокрема, в 0–10 см товщі приріст NO_3 становив 11,9 мг/кг, а в 10–20 і 20–30 см, відповідно, 7,5 та 7,7 мг/кг, що свідчить про достовірну перевагу цього попередника за забезпеченістю ґрунту азотом (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Динаміка вмісту NO_3 в ґрунті залежно від попередника та основного обробітку, в середньому за 2021–2024 рр.

Фактор А	Фактор В	Вміст нітратного азоту, мг/кг ґрунту								
		перед сівбою			цвітіння			перед збиранням		
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Кукурудза на зерно (к)	Пол. (к)	49,9	31,5	15,4	29,4	21,2	10,1	19,4	14,2	7,7
	Б. м.	45,6	28,6	13,4	27,9	19,8	9,8	17,7	12,1	6,4
	Б. п.	43,2	25,4	11,0	25,6	17,4	8,1	15,3	10,3	5,4
Соя	Пол. (к)	61,8	39,0	20,1	40,9	28,5	14,6	27,4	18,4	9,9
	Б. м.	58,8	36,4	17,4	38,5	25,5	13,6	25,4	17,4	8,1
	Б. п.	53,9	32,7	25,3	33,6	22,0	11,0	22,6	15,7	7,7
Ріпак озимий	Пол. (к)	58,4	41,5	17,7	39,4	29,5	13,7	24,7	17,4	8,4
	Б. м.	55,7	38,9	16,9	36,1	27,4	12,4	23,5	16,9	7,3
	Б. п.	51,8	35,4	15,0	33,3	25,0	11,3	21,2	14,5	6,4
Соняшник	Пол. (к)	51,5	35,4	16,7	33,3	25,7	10,8	20,3	14,5	7,1
	Б. м.	48,1	32,1	14,6	30,5	22,0	10,3	18,2	13,4	6,2
	Б. п.	45,6	30,2	13,3	28,0	20,5	9,2	17,0	12,4	5,4
НіР₀₅(AB)		1,2	1,4	1,9	2,8	2,5	1,8	1,5	2,1	2,0
У середньому за попередниками										
Кукурудза на зерно		46,2	28,5	13,3	27,6	19,5	9,3	17,5	12,2	6,5
Соя		58,1	36,0	21,0	37,7	25,3	13,1	25,2	17,2	8,6
Ріпак озимий		55,3	38,6	16,5	36,3	27,3	12,4	23,1	16,3	7,4
Соняшник		48,4	32,6	14,9	30,6	22,7	10,1	18,5	13,4	6,2
НіР₀₅(A)		0,8	1,1	1,8	2,2	2,5	2,7	1,2	0,9	1,3
У середньому за варіантами основного обробітку ґрунту										
Пол. (к)		55,4	37,3	17,8	36,6	26,4	12,8	23,9	16,7	8,7
Б. м.		52,0	34,0	15,6	33,2	23,7	11,5	21,2	15,0	7,0
Б. п.		48,6	30,9	16,1	30,1	21,2	9,9	19,0	13,2	6,3
НіР₀₅(B)		1,0	2,1	0,7	2,5	0,8	1,0	2,1	1,1	1,6

Слід зазначити, що після ріпаку озимого на період сівби ячменю ярого вміст нітратного азоту в ґрунті був істотно вищим від контролю, що, ймовірно, пов'язано з особливостями біологічних залишків цієї культури та їх активною мінералізацією. Зокрема, в шарі 0–10 см показник нітратного азоту після цього попередника становив 55,3 мг/кг, що суттєво на 9,1 мг/кг більше за контроль. Ця тенденція зберіглася і по інших фазах розвитку культури. На період цвітіння цей показник був 36,3 мг/кг у 10 см шарі ґрунту (+8,7 мг/кг), а на період збирання 23,1 мг/кг (+ 5,6 мг/кг). Достовірною перевага ріпаку озимого була також і в інших досліджуваних шарах (табл. 4.1).

Менший, порівняно ріпаком озимим та соєю, показник вмісту NO_3 в оброблюваному шарі ґрунту спостерігався після соняшнику, що може бути зумовлено значним споживанням азоту цією культурою впродовж вегетації, а також нижчою швидкістю розкладання поживних залишків, порівняно з іншими попередниками. Проте, за порівняння з контролем (кукурудзою на зерно) вміст нітратного азоту в ґрунті після соняшника відмічався істотно більший – до 4 мг/кг залежно від глибини відбору зразка. Це постерігалось на всіх етапах розвитку ячменю ярого. З-поміж усіх досліджуваних попередників, після збирання кукурудзи на зерно в ґрунті залишається значна кількість рослинних решток з високим вмістом вуглецю і низьким співвідношенням C:N, що уповільнює процеси їх мінералізації і, відповідно, вивільнення доступного азоту (табл. 4.1).

Не менш вагомим є вплив системи основного обробітку ґрунту на формування запасів нітратного азоту в орному шарі. Це зумовлено тим, що механічні операції змінюють фізичні властивості ґрунту, режим його зволоження та повітрообміну, а отже і мікробіологічну активність, яка безпосередньо визначає інтенсивність мінералізаційних процесів. За результатами досліджень встановлено, що за безполицевих обробітків ґрунту простежувалося динаміка накопичення та розподілу нітратного азоту в орному шарі менша ніж за контрольного варіанту – полицевого основного обробітку ґрунту. Зокрема, у шарі 0–10 см і 10–20 см на початку вегетації культури за безполицевого мілкового обробітку цей показник був, відповідно, 52,0 і 34,0 мг/кг, що на 3,3–3,4 мг/кг

істотно менше контролю. За безполицевого поверхневого обробітку також спостерігалось зменшення порівняно до контролю на 6,8 мг/кг і на 6,4 мг/кг, відповідно. А в 20–30 см товщі на початку вегетаційного періоду ячменю ярого за безполицевих варіантів обробітку було зафіксовано від 1,7 мг/кг до 2,2 мг/кг істотно нижчий вміст нітратного азоту, порівняно з контролем (полицевою оранкою). За полицевого обробітку відбувається активніше розпушування ґрунту та рівномірне загортання післяжнивних решток у шар 0–30 см, що створює сприятливі умови для діяльності аеробної мікрофлори. У результаті посилюються процеси амоніфікації та нітрифікації, що забезпечує інтенсивніше накопичення нітратного азоту. За оранки, коли відбувається глибоке перемішування рослинних решток, активізується розклад органічної речовини і, відповідно, зростає швидкість утворення нітратів. Проте, такий ефект має і негативний бік – пришвидшена мінералізація гумусу та підвищені ризики вимивання азоту з орного шару (табл. 4.1).

Таким чином, за безполицевих варіантів основного обробітку ґрунту його азотний режим характеризувався певною диференціацією по профілю із зменшенням вмісту нітратного азоту з глибиною відбору зразка. Слід зазначити, що за проведення полицевого обробітку (оранки) ця диференціація також була присутня, оскільки процеси нітрифікації інтенсивніше проходять саме у верхній 0–10 см товщі ґрунту, що забезпечує вищий вміст нітратів саме там.

Починаючи з фази кущення та виходу в трубку рослин ячменю ярого, спостерігається інтенсивне зменшення вмісту нітратного азоту, що зумовлено активним ростом рослин та максимальним споживанням елементів живлення. Також, для культури характерне формування основної частини біомаси в ранній фазі розвитку, тому саме в цей період відбувається найбільш істотне використання нітратного азоту з ґрунтового розчину. Таким чином, на період цвітіння цей показник за безполицевого мілкового обробітку становив у шарі 0–10 см 33,2 мг/кг ґрунту, 10–20 – 23,7 та 20–30 – 11,5 мг/кг, що істотно на, відповідно, 2,8, 2,7 та 1,3 мг/кг менше контролю. За безполицевого поверхневого основного обробітку ґрунту різниця з контролем була більшою і становила 6,5,

4,8 та 2,9 мг/кг, відповідно у досліджуваних шарах ґрунту 0–10, 10–20 та 20–30 см (табл. 4.1).

Перед збиранням урожаю вміст нітратного азоту досягає мінімальних значень, що пояснюється завершенням інтенсивного періоду споживання азоту рослинами, а також тим, що темпи мінералізації органічної речовини в літній період за підвищених температур і дефіциту вологи часто не компенсують винесення азоту урожаєм. При цьому, вміст цього елементу за безполицевих обробітків був також істотно меншим від контролю. Зокрема, за мілкого безполицевого варіанту в 0–10 см товщі вміст нітратів у ґрунті становив 21,2 мг/кг, що істотно на 2,7 мг/кг менше контролю. У шарах 10–20 та 20–30 см значення цього елемента були на рівні, відповідно, 15,0 та 7,0 мг/кг, що істотно менше контролю на 1,7 мг/кг. За безполицевого поверхневого основного обробітку ґрунту зменшення вмісту нітратного азоту було ще більш вираженим у всіх досліджуваних шарах.

За поєднання досліджуваних факторів, найбільше нітратного азоту прослідковувалося за сівби ячменю ярого після сої у комплексі з оранкою як варіантом основного обробітку. Зокрема, за такого варіанту на період сівби культури в 0–10 см товщі ґрунту вміст нітратного азоту становив 61,8 мг/кг. У товщі 10–20 см цей показник був 39,0 мг/кг, проте за поєднання ріпаку озимого і полицевого обробітку в цьому ж шарі ґрунту нітратний азот мав більший показник – 41,5 мг/кг. На глибині 20–30 см найвищий вміст нітратного азоту спостерігалось після сої за безполицевого поверхневого обробітку 25,3 мг/кг.

На період цвітіння найбільші показники були після сої за полицевого обробітку, де у шарі ґрунту 0–10 см вміст NO_3 становив 40,9 мг/кг у 10–20 см 28,5 мг/кг, та у 20–30 см цей показник був не менше 14,6 мг/кг. При цьому, за поєднання ріпаку озимого і полицевого обробітку вміст нітратного азоту мав не найгірші показники, та становив у 0–10 см шарі ґрунту 39,4 мг/кг а у нижчих шарах 29,5 та 13,7 мг/кг.

На період збирання врожаю найвищий вміст нітратної форми азоту в ґрунті зафіксовано на ділянках, де попередником була соя, а основний обробіток здійснювали полицевим способом. А саме у 0–10 см шарі ґрунту спостерігалось

найбільше накопичення нітратів у порівнянні з іншими варіантами досліду і становило 27,4 мг/кг. Це можна пояснити поєднанням впливу бобової культури, яка залишає після себе значну кількість азотовмісних решток, та інтенсивного обороту пласта ґрунту, що сприяє активізації мінералізаційних процесів. У результаті створювалися сприятливі умови для перетворення органічного азоту на доступні для рослин нітратні сполуки, що й зумовило підвищені показники їх вмісту наприкінці вегетації ячменю ярого.

4.2. Вплив основного обробітку ґрунту та попередників на вміст рухомого фосфору

Одним із важливих та незамінних елементів живлення для рослини є фосфор. Для ячменю ярого він має вирішальне значення не лише для забезпечення швидкого росту, а й прискорює розвиток усієї рослини, забезпечує швидке формування надземної маси та кореневої системи, а також покращує засвоєння вологи, знижуючи негативний вплив посухи [126, 24]. Формування підвищених запасів цукрів у вузлах кущіння сприяє зростанню стійкості рослин до хвороб і покращує коефіцієнт використання азотних добрив [55, 183].

Для ячменю ярого оптимальне фосфорне забезпечення стимулює такі процеси як запилення та утворенню повноцінних генеративних органів. Але за надлишкового його вмісту відбуваються негативні процеси, зокрема, передчасне старіння, відмирання листків та раннє дозрівання зерна, в результаті чого рослини не встигають сформувати достатній урожай. Накопичення великої кількості фосфору в рослинах призводить до збільшення кількості зв'язаної води [109, 60, 182, 85].

Також, значна частина цього елемента використовується для формування квіток, зерна, колоса. Засвоєння і мобілізація ґрунтового фосфору контролюються комплексом фізіолого-біохімічних та молекулярних механізмів. Зокрема, важливу роль відіграють підземні процеси, серед яких – формування оптимальної архітектури й морфології кореневої системи. Водночас, важливим чинником є взаємодія рослин із корисними ґрунтовими мікроорганізмами, які беруть участь у перетворенні сполук цього елемента у форми, доступні для

поглинання коренями [9, 13, 112]. Проте, Yves Poirier та ін. наголошують на тому, що коріння рослин безпосередньо засвоює лише 20 % фосфору, що міститься в комерційних добривах. Незважаючи на це добрива все-таки відіграють важливу роль у підвищенні урожайності сільськогосподарських культур упродовж останнього століття [98, 77, 62, 105].

Нестача цього елемента уповільнює ріст та розвиток листя і стебел, що призводить до зниження урожайності зерна. Також, відмічається скручування листів та поява на них темних фіолетових і бурих плям [106, 10, 224]. За значного фосфорного дефіциту найчастіше відбувається ознаки азотного голодування рослин та припиняється синтез органічних сполук, адже цей елемент входить до складу найважливіших біомолекул – нуклеїнових кислот, фосфоліпідів, аденозинтрифосфату (АТФ) та різних коферментів [106, 14].

Культура-попередник безпосередньо впливає на процеси мобілізації, нагромадження та доступності цього елемента в оброблюваному шарі ґрунту [120]. За даними Кудрі С. І., після культур, які звільнялися поле раніше інших попередників і залишали більшу кількість поживних решток, вміст сполук рухомих форм фосфору був суттєво більший [229].

Натомість, після вирощування культур, що залишають незначну кількість рослинних решток або характеризуються підвищеним співвідношенням вуглецю до азоту, такі як соняшник та кукурудза, процеси мінералізації відбуваються повільніше. Унаслідок цього частина сполук фосфору переходить у форми, менш доступні для рослин, що спричиняє зменшення їх вмісту в ґрунтовому середовищі. Зокрема, соняшник характеризується інтенсивним фосфорним живленням протягом усього вегетаційного періоду, тому після нього ґрунт потребує підвищеного поповнення запасів цього елемента [25, 188].

Основний обробіток ґрунту також має безпосередній вплив на вміст рухомого фосфору в оброблюваному шарі ґрунту. Більшість науковців схиляються до думки, що обробітки лише розподіляють по шарах цей елемент і не впливають на збільшення чи зменшення рухомих форм фосфору в оброблювальному шарі [255, 310, 146].

Однак, у досліджах Піковської О. В. спостерігалось помітне розмежування орного шару за вмістом рухомих сполук фосфору, порівняно з традиційною оранкою. Застосування ґрунтозахисних систем обробітку сприяло підвищенню концентрації рухомих фосфатів у верхньому шарі ґрунту, тоді як у глибших горизонтах їх кількість, навпаки, зменшувалася відносно показників за оранки. За даними Примака І. Д., Панченка О.Б. та ін., у верхньому шарі ґрунту за безполицевих обробітків різниця за вмістом P_2O_5 склала 20–21 мг/кг, порівняно з полицевим через локалізацію фосфорно-калійних добрив у верхній частині оброблюваного шару [176].

Результати наших досліджень дали змогу проаналізувати вплив основного обробітку ґрунту і попередників, а також їх взаємодії на динаміку вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті агроценозу ячменю ярого. У результаті були відзначені істотні різниці між досліджуваними факторами впродовж усього періоду розвитку культури (табл. 4.2).

Перед сівбою культури найвищий вміст рухомого фосфору у верхній 0–10 см товщі ґрунту відмічався після сої – 183,6 мг/кг, що істотно переважало контроль (кукурудзу на зерно) на 16,7 мг/кг (10,0 %). У шарах 10–20 см і 20–30 см цей показник був більший на, відповідно, 15,8 (8,6 %) та 14,7 мг/кг (9,1 %). Таку закономірність можна пояснити біологічними особливостями цієї культури, оскільки, соя формує добре розвинену кореневу систему, здатну засвоювати фосфор із менш доступних сполук і частково переводити його у більш рухомі форми завдяки виділенню органічних кислот у ризосферу. Після відмирання корневих решток і мінералізації рослинної маси частина зв'язаного фосфору повертається в ґрунт у доступнішому для наступної культури стані. Отримані нами дані узгоджуються із результатами досліджень Duchene O. та Xia H., які відмічають, що бобова культура як попередник є найкращою тому, що після неї залишається значна кількість органічних решток з оптимальним співвідношенням вуглецю до азоту, при цьому в ґрунті відбувається вивільнення фосфору у доступні форми за рахунок мінералізації органічних сполук [21, 31]. У дослідженнях Zhen Chen і Xin Wang також прослідковується збільшення

вмісту фосфору в ґрунті після бобових культур. Проте, це збільшення було більш суттєвим і становило 43,4 %, порівняно з отриманими нами 8,6–10,0 % [74].

Таблиця 4.2

Динаміка вмісту рухомого фосфору в ґрунті залежно від попередника та основного обробітку, в середньому за 2021–2024 рр.

Фактор А	Фактор В	Уміст рухомих форм фосфору, мг/кг ґрунту								
		перед сівбою			цвітіння			перед збиранням		
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Кукурудза на зерно (к)	Пол. (к)	160,3	162,1	158,8	154,2	155,0	151,4	140,7	139,8	135,7
	Б. м.	171,0	166,3	162,8	164,7	160,1	156,5	147,2	150,5	146,9
	Б. п.	169,4	165,0	160,5	162,4	158,9	154,7	146,5	142,0	138,8
Соя	Пол. (к)	175,9	176,3	171,1	170,4	169,2	164,3	152,3	152,7	147,2
	Б. м.	188,4	183,4	178,6	180,9	175,8	170,3	163,5	178,4	153,0
	Б. п.	186,4	181,2	176,5	178,7	173,1	168,9	161,0	156,4	151,2
Ріпак озимий	Пол. (к)	167,4	167,1	163,7	160,1	160,9	156,1	143,2	144,7	140,9
	Б. м.	177,7	173,4	169,0	170,2	166,3	162,0	154,6	150,1	146,3
	Б. п.	175,7	171,2	167,8	168,0	164,4	160,6	152,9	148,7	144,0
Соняшник	Пол. (к)	152,6	153,4	149,1	145,7	146,6	142,5	134,4	130,3	126,9
	Б. м.	163,5	159,7	155,1	156,2	152,1	148,4	139,6	135,2	131,1
	Б. п.	161,3	157,6	153,3	154,5	150,0	146,2	137,7	133,8	129,8
НіР₀₅ (AB)		1,2	1,2	1,9	2,6	4,0	1,0	1,4	2,1	3,8
У середньому за попередниками										
Кукурудза на зерно		166,9	164,5	160,7	160,4	158,0	154,2	144,8	144,1	140,5
Соя		183,6	180,3	175,4	176,7	172,7	167,8	158,9	162,5	150,5
Ріпак озимий		173,6	170,6	166,8	166,1	163,9	159,6	150,2	147,8	143,7
Соняшник		159,1	156,9	152,5	152,1	149,6	145,7	137,2	133,1	129,3
НіР₀₅(A)		0,6	0,6	1,0	1,3	2,0	0,5	0,7	1,0	1,9
У середньому за варіантами основного обробітку ґрунту										
Пол. (к)		164,1	164,7	160,7	157,6	157,9	153,6	142,7	141,9	137,7
Б. м.		175,2	170,7	166,4	168,0	163,6	159,3	151,2	153,6	144,3
Б. п.		173,2	168,8	164,5	165,9	161,6	157,6	149,5	145,2	141,0
НіР₀₅(B)		0,7	0,7	1,1	1,5	2,3	0,6	0,8	1,2	2,2

Істотно вищі показники вмісту цього елемента також спостерігалися після ріпаку озимого, де в 0–10 см товщі ґрунту значення доступного для рослин фосфору були на рівні 173,6 мг/кг, що більше за контроль на 6,7 мг/кг (4,0 %). У шарах 10–20 і 20–30 см уміст фосфору становив 170,6 і 166,8 мг/кг, що істотно на 6,1 мг/кг (3,8 %) вище контролю.

При цьому, після соняшника спостерігалось істотне зменшення рухомих форм фосфору в усіх трьох досліджуваних шарах ґрунту. Так, у 0–10, 10–20 і 20–30 см товщі ґрунту показник цього елемента становив, відповідно, 159,1, 156,9 та 152,5 мг/кг та був істотно нижчим на 7,8, 7,6 та 14,3 мг/кг (4,7, 4,6 та 8,9 %). Це пояснюється біологічною особливістю соняшника, оскільки він має здатність

формувати потужну, глибоко проникаючу кореневу систему, здатну засвоювати фосфор із нижчих горизонтів профілю, що супроводжується значним його винесенням з урожаєм. У результаті запаси рухомих сполук фосфору в оброблюваній товщі зменшуються. Наші результати узгоджуються з даними Гангур В. В. і Котляр Я. О., які у своїх багаторічних дослідженнях вказують на найнижчі показники вмісту фосфору в ґрунті після соняшнику. За їхніми результатами навіть після попередників вико-вівса і чини у 0–20 см шарі ґрунту містилося менше рухомого фосфору тільки через те, що відбулася післядія перед попередника соняшника, який використовував найбільшу кількість цього елементу з ґрунту для свого росту і розвитку [182].

За результатами наших досліджень спостерігається тенденція до зменшення вмісту фосфору в ґрунті впродовж періоду росту і розвитку ячменю ярого. Таке зменшення пов'язане з активним споживанням фосфору рослинами культури під час формування генеративних органів, коли інтенсивно відбувається транспорт елементів живлення з вегетативних частин до колоса. У період цвітіння вміст рухомих форм фосфору в шарах ґрунту 0–10, 10–20 і 20–30 см найвищим був після сої і становив, відповідно, 176,7, 172,7 та 167,8 мг/кг, що істотно, на 16,3, 14,7 та 13,6 мг/кг, більше за контроль. За вирощування ячменю ярого після ріпаку озимого, перевага цього показника над кукурудзою на зерно теж була істотно і становила, відповідно, 5,7, 5,9 і 5,4 мг/кг в досліджуваних шарах ґрунту 0–10, 10–20 і 20–30 см.

Після соняшнику вміст рухомих фосфатів у ґрунті так і залишився суттєво меншим відносно контролю і становив, відповідно, 152,1, 149,6 і 145,7 мг/кг у досліджуваних шарах. При цьому, різниця на користь контролю становила, відповідно, 8,3, 8,4 та 8,5 мг/кг.

На момент збирання врожаю ячменю ярого збереглася попередньо відмічена тенденція, де найбільші показники фосфору в ґрунті були після сої і становили, відповідно, 158,9, 162,5 та 150,5 мг/кг по шарах 0–10, 10–20 і 20–30 см з вираженим збільшенням на 14,1, 18,4 та 10,0 мг/кг до контролю кукурудзи на зерно. Після ріпаку озимого в 0–10 см товщі ґрунту ці показники були на 4,0 мг/кг істотно вищими контролю. В глибших горизонтах ця перевага

становила 3,7 мг/кг для шару 10–20 та 3,2 для 20–30 см. Після соняшнику в ґрунті агроценозу ячменю ярого на період збирання врожаю культури вміст доступного фосфору був суттєво найменшим в усіх досліджуваних шарах (табл. 4,2).

Варіанти основного обробітку ґрунту мали достовірний вплив на динаміку вмісту в ньому рухомих фосфатів. За проведення безполицевих обробітків відмічалось істотне збільшення вмісту доступного фосфору до контролю (полицевого). Зокрема, у варіанті з безполицевим мілким обробітком на період сівби культури в 0–10 см шарі ґрунту вміст фосфору становив 175,2 мг/кг з приростом до контролю в 11,1 мг/кг. У разі застосування безполицевого поверхневого обробітку вміст цього елементу був на рівні 173,2 мг/кг, що істотно на 9,1 мг/кг більше контролю. У глибших горизонтах кількість доступних форм фосфору поступово зменшувалася і становила за мілкового обробітку ґрунту без обертання пласта 170,7 в товщі 10–20 і 166,4 мг/кг в товщі 20–30 см за істотної надбавки до контролю на, відповідно, 6,0 і 5,7 мг/кг.

Відмічено, що при застосуванні полицевого обробітку ґрунту (оранки на 23–25 см) фосфор розміщувався у ґрунтовому профілі більш вирівняно, що пояснюється перемішуванням шарів ґрунту та загортанням пожнивних решток на глибину обробітку. За безполицевих варіантів прослідковувалася чітка диференціація за вмістом цього елементу в досліджуваній товщі ґрунту з підвищенням його вмісту у шарах 0–10 та 10–20 см.

Вищенаведене вказує на відмінності у поведінці між рухомих фосфору та нітратним азотом в ґрунті за проведення оранки. Оскільки, в пошаровому розподілі нітратного азоту спостерігалася його диференціація, а для фосфору – вона була відсутня через його меншу рухомість.

На час цвітіння і збирання ячменю ярого прослідковувалася та ж тенденція до розподілу рухомих форм фосфору за використання безполицевих обробітків. Найбільш виражені відмінності за вмістом P_2O_5 були за проведення безполицевого мілкового основного обробітку ґрунту, де на час цвітіння культури цей показник був істотно більше від полицевого на 10,4 мг/кг в шарі 0–10 см, а в нижніх шарах – на 5,7 мг/кг. Після застосування безполицевого поверхневого

обробітку на час цвітіння культури вміст P_2O_5 був істотно більше контролю на 6,8 мг/кг у 0–10 см шарі ґрунту, а в нижніх шарах – на 4 мг/кг.

Перед збиранням вміст рухомого фосфору в ґрунті у значно більшій кількості прослідковувався за безполицевого мілкого обробітку. У верхній 0–10 см товщі надбавка до контролю становила 8,5 мг/кг, а в середньому шарі 10–20 см – 11,7 мг/кг.

Аналіз взаємодії досліджуваних факторів вказує на те, що найсприятливіші умови фосфорного живлення впродовж всього періоду вегетації ячменю ярого формувалися за поєднання сої як попередника та безполицевих варіантів основного обробітку ґрунту. Зокрема, на період сівби культури комбінація попередника сої з безполицевим мілким основним обробітком ґрунту забезпечувала достовірно найвищий вміст рухомих форм фосфору у верхньому шарі на рівні 188,4 мг/кг, у товща 10–20 – 183,4 та 20–30 – 178,6 мг/кг. Це пов'язано з тим, що розпушування ґрунту на 14 – 16 см без обороту пласта сприяє збереженню рослинних решток у верхньому горизонті, де вони поступово мінералізуються, збагачуючи ґрунт доступними сполуками фосфору. Крім того, відсутність інтенсивного перемішування ґрунтових шарів зменшує фіксацію фосфатів у глибших горизонтах та сприяє їх акумуляції у зоні розміщення основної маси кореневої системи культури. У поєднанні з післядією сої це створює більш стабільний і доступний фонд фосфорного живлення на початкових етапах росту ячменю ярого.

Перевага вищезазначеного варіанту була збережена аж до періоду збирання врожаю ячменю ярого.

4.3. Вплив основного обробітку ґрунту та попередників на вміст рухомого калію

Для повноцінного росту та розвитку рослин сполуки калію відіграють одну з провідних місць серед інших макроелементів. Хоча він не входить до складу органічних сполук як азот і фосфор, проте виконує надзвичайно важливі фізіолого-біохімічні функції, що дають можливість рослині забезпечувати стійкість до хвороб та продуктивність культури [182, 183]. Ячмінь ярий

найбільше відчуває нестачу цього елементу на початку своєї вегетації, оскільки саме в цей час відбувається інтенсивне формування кореневої системи та активний ріст надземної маси [231, 166].

Калій відіграє важливу роль у регуляції водного режиму рослин, покращуючи водопоглинання і транспірацію, а також сприяє підтриманню оптимального осмотичного тиску клітин, забезпечуючи, таким чином, ефективніше використання ґрунтової вологи. Цей елемент бере участь у перерозподілі вуглеводів у рослинах стимулюючи накопичення цукрів у листках та переміщення їх у репродуктивні органи. У зернових культурах, зокрема в ячмені ярого, цей елемент відіграє важливу роль у формуванні крохмалю, що впливає на якість і технологічні властивості зерна [206].

За достатнього калійного режиму відбувається покращення обміну магнію, кальцію, заліза та інших катіонів у клітинах. Крім того підвищується стійкість до посухи та низьких температур. А за недостатнього його вмісту на рослинах проявляється у вигляді мармурового забарвлення листків, передчасного відмирання країв, зменшення листка, що призводить до погіршення наливу зерна [11]. Тонха О. Л. та Сичевський С. О зазначають, що при низькому вмісту цього елементу в ґрунті врожайність зернових культур зменшується на 30 % [292].

Значна частина калію у ґрунті знаходиться у важкодоступних або фіксованих формах, тому кількість рухомого калію, доступного для рослин, залежить від біохімічних процесів, що відбуваються в орному шарі, та дії різних агротехнічних заходів [194, 314, 230, 279].

Згідно досліджень Гангура В. В. та ін. рослини краще забезпечуються калієм за мілкої обробітки [180]. Євтушенка Т. В. та ін. зазначають, що безполицеві обробітки сприяли збільшення у чорноземі типовому вмісту обмінного калію на 5–13 % порівняно з оранкою [203].

Проте, інші науковці мають протилежну думку і стверджують, що найкраще засвоєння цього елементу відбувається за глибокої обробітки [170, 63]. Це пояснюється тим, що в умовах довготривалої посухи поживні речовини добрив стають не доступними для рослини за безполицевих обробіток, тому що

залишаються у верхньому шарі ґрунту, який пересихає [272]. Коломієць М. В. та Примаєв І. Д. вважають, що за допомогою обробітки неможливо підвищити вміст калію в орному шарі ґрунту. Але глибокими обробітками лише можливо рівномірно перерозподілити запаси цього елемента живлення між окремими частинами оброблювального шару [223, 176].

За результатами досліджень, близько 65 % орних земель України характеризуються низьким або середнім рівнем забезпеченості рухомим калієм. Для підтримання оптимального калійного живлення в інтенсивних сівозмінах потрібно забезпечувати зрівноважений або близький до нього баланс K_2O [39, 91]. На чорноземах це означає повернення у ґрунт 80–100 % калію, винесеного врожаєм, тоді як на дерново-підзолистих ґрунтах бажано створювати позитивний баланс, де буде 100–115 % від виносу елемента [68, 195, 50].

Відомо, що калій у складі рослин не входить до органічних сполук, він знаходиться у вільному, обмінному складі. Тому, щоб стати доступним для рослин йому потрібно пройти мінералізацію у рослинних рештках [282, 181, 129]. Господаренко Г. М. стверджує, що у разі залишення на полі післяжнивних решток може бути повернуто 50–80 % калію у ґрунт залежно від культури [166].

У результаті проведених нами було встановлено, що застосування досліджуваних попередників та варіантів основного обробітки ґрунту призводило до помітної динаміки вмісту в ньому рухомого калію (табл. 4.3).

Перед сівбою ячменю ярого вміст рухомих форм калію у шарі 0–10 см після попередника сої був найбільший (153,4 мг/кг ґрунту) і суттєво – на 2,5 мг/кг переважав контроль (кукурудзу на зерно). В інших досліджуваних горизонтах – 10–20 та 20–30 см також відмічено істотне перевищення контролю на, відповідно, 5,0 та 4,3 мг/кг. Така закономірність зумовлена особливостями біології культури та характером її післядії. Соя формує добре розвинену кореневу систему, яка проникає в глибші горизонти та здатна засвоювати калій із менш доступних форм. Частина цього елемента після відмирання коренів і мінералізації пожнивних решток повертається у верхній шар ґрунту в обмінному стані. Крім того, рослинні рештки сої містять відносно значну кількість калію, який не входить до складу стійких органічних сполук і тому досить швидко

вивільняється у процесі розкладання. Це сприяє збагаченню орного шару рухомими формами калію та формуванню кращих умов мінерального живлення для наступної культури. У результаті, перед сівбою ячменю ярого після сої створюється більш сприятливий калійний режим, порівняно з іншими попередниками (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Динаміка вмісту рухомого калію в ґрунті залежно від попередника та основного обробітку, в середньому за 2021–2024 рр.

Фактор А	Фактор В	Вміст рухомих форм калію, мг/кг ґрунту								
		перед сівбою			цвітіння			перед збиранням		
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Кукурудза на зерно (к)	Пол. (к)	141,7	141,1	140,2	121,4	128,3	122,7	106,7	116,1	113,0
	Б. м.	154,0	143,4	137,5	134,1	130,0	125,0	109,1	97,9	95,8
	Б. п.	156,9	141,5	136,2	145,3	127,1	120,0	113,5	98,7	98,6
Соя	Пол. (к)	143,1	146,0	144,8	124,0	125,8	124,3	116,7	118,1	116,3
	Б. м.	159,5	145,4	141,3	138,4	134,2	131,7	119,4	110,8	105,8
	Б. п.	157,5	149,5	140,7	145,2	139,7	132,1	120,6	109,2	103,5
Ріпак озимий	Пол. (к)	118,7	127,1	119,2	111,9	112,1	112,3	102,7	106,9	104,4
	Б. м.	132,9	139,4	123,5	120,2	113,0	101,3	106,4	97,3	96,0
	Б. п.	134,5	129,8	127,1	122,1	111,9	100,5	109,2	100,6	96,8
Соняшник	Пол. (к)	120,5	122,8	120,1	111,7	112,2	115,6	91,6	94,2	90,0
	Б. м.	127,6	125,0	125,5	116,5	112,0	104,5	96,7	83,7	81,9
	Б. п.	129,5	126,4	119,1	118,8	110,8	105,1	96,6	86,4	80,8
НіР₀₅(AB)		1,3	1,3	1,2	1,3	1,0	1,1	1,2	1,1	1,1
У середньому за попередниками										
Кукурудза на зерно		150,9	142,0	138,0	133,6	128,5	122,6	109,8	104,2	102,5
Соя		153,4	147,0	142,3	135,9	133,2	129,4	118,9	112,7	108,5
Ріпак озимий		128,7	132,1	123,3	118,1	112,3	104,7	106,1	101,6	99,1
Соняшник		125,9	124,7	121,6	115,7	111,7	108,4	95,0	88,1	84,2
НіР₀₅(A)		0,6	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5
У середньому за варіантами основного обробітку ґрунту										
Пол. (к)		131,0	134,2	131,1	117,2	119,6	118,7	104,4	108,8	105,9
Б. м.		143,5	138,3	132,0	127,3	122,3	115,6	107,9	97,4	94,9
Б. п.		144,6	136,8	130,8	132,9	122,4	114,4	110,0	98,7	94,9
НіР₀₅(B)		0,7	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6

Запаси обмінного калію після ріпаку озимого є нижчими, ніж після контролю (кукурудзи на зерно), за статистично достовірної різниці між цими варіантами, яка становила 22,2 мг/кг у товщі 0–10 см, 9,9 – 10–20 та 14,7 мг/кг у шарі 10–20 см. Такий результат можна пояснити високою потребою ріпаку в калії та значним його винесенням урожаєм. Крім того, частина калію

залишається у післяжнивних рештках, однак за умов їх повільного розкладання або нерівномірного розподілу в ґрунті його повернення до доступного фонду відбувається поступово.

Найнижчий вміст рухомого калію в ґрунті залишався після соняшнику. Перед сівбою ячменю ярого в 0–10 см шарі ґрунту цей показник був 125,9 мг/кг і відзначався істотним зниженням на 25 мг/кг, порівняно з контролем (кукурудзою на зерно) 150,9 мг/кг. При цьому, в нижніх шарах ґрунту вміст калію суттєво відрізнявся від контролю на 17,3 та 16,4 мг/кг. Така особливість зумовлена біологічними властивостями культури, оскільки вона характеризується високою потребою в калії та значним його винесенням із урожаєм. А формування потужної вегетативної маси та глибоко розвиненої кореневої системи сприяє інтенсивному засвоєнню цього елемента з різних горизонтів ґрунту. Крім того, рослинні рештки соняшника містять порівняно невелику кількість калію, який швидко повертається у ґрунт, однак загальний баланс елемента після збирання культури залишається від’ємним. Унаслідок цього на момент сівби наступної культури формуються менш сприятливі умови калійного живлення, що й відображається у найнижчих показниках його рухомих форм в орному шарі.

Впродовж росту та розвитку ячменю ярого вміст калію в ґрунті інтенсивно зменшувався за рахунок активного засвоєння цього елемента рослинами в процесі формування вегетативної маси та генеративних органів. При цьому, на період цвітіння найбільші показники запасів обмінного калію були після сої та кукурудзи на зерно. Зокрема, після сої відмічалось істотне збільшення цього показника на 2,3 мг/кг в 0–10 см шарі ґрунту та, відповідно, 4,7 і 6,8 мг/кг у шарах 10–20 і 20–30 см, порівняно з кукурудзою на зерно (табл. 4.3).

Найнижчі показники так і залишилися після попередників ріпаку озимого та соняшнику, де після ріпаку озимого вміст калію в 0–10 см шарі ґрунту був 118,1 мг/кг та мав істотне зменшення на 15,5 мг/кг порівняно з контролем. У шарах 10–20 і 20–30 см цей показник становив відповідно 112,3 та 104,7 мг/кг, що достовірно менше контролю на 16,2 та 17,9 мг/кг. Після соняшнику вміст

калію у ґрунті відзначався вираженим зменшенням на 17,9 та 16,8 мг/кг у шарах 0–10 і 10–20 см та 14,2 мг/кг у шарі 20–30 см.

Перед збиранням найвищі показники вмісту рухомого калію встановлено після сої – 118,9 мг/кг в 0–10 см шарі ґрунту. У результаті, після вирощування цієї культури створюються більш сприятливі умови для формування запасів рухомих форм калію, що зумовлює його підвищений вміст у ґрунті навіть на кінець вегетації ячменю ярого. Аналогічні відмінності зафіксовано й у нижніх шарах ґрунту, зокрема, в 10–20 см товщі збільшення було на 8,5, а в 20–30 – 6,0 мг/кг ґрунту. Після ріпаку озимого та соняшнику вміст рухомого калію в ґрунті є нижчим, ніж після кукурудзи на зерно, оскільки післяжнивні рештки цих культур розкладаються відносно повільно. Тому, повернення частини калію до доступних для рослин форм відбувається поступово. У результаті, на період збирання ярого ячменю запаси рухомого калію в 0–10 см товщі ґрунту після ріпаку озимого залишаються нижчими на 3,7 мг/кг ґрунту, ніж після контролю. У 10–20 і 20–30 см шарах ґрунту це зниження становило, відповідно, 2,6 та 3,4 мг/кг ґрунту. Після соняшнику спостерігалось ще більш значне зниження вмісту цього елемента на, відповідно, 14,8, 16,1 та 18,9 мг/кг в шарах 0–10, 10–20 см та 20–30 см. Це пов'язано з його здатністю активно використовувати поживні речовини з ґрунту та формувати значну біомасу. Таким чином, внаслідок цього на момент збирання досліджуваної культури запаси доступного калію після соняшнику були найменшими серед розглянутих попередників (табл. 4.3).

Розподіл рухомих форм калію в досліджуваних шарах ґрунту залежав також і від варіанту основного обробітку. За проведення полицевого обробітку (оранки на 23–25 см) спостерігався більш рівномірний його розподіл у межах досліджуваних шарів ґрунту, що зумовлено перемішуванням ґрунтової маси під час оранки та загортанням рослинних решток у глибші горизонти. Так, за цього варіанту обробітку загальний вміст рухомого калію перед сівбою культури у верхньому 0–10 см шарі становив 131,0 мг/кг ґрунту, що практично не відрізнялося від нижньої 20–30 см товщі, де вміст був на рівні 131,1 мг/кг. У середньому 10–20 см шарі спостерігалось незначне підвищення вмісту рухомих

форм калію до 134,2 мг/кг. Це пов'язано зі специфікою проведення оранки. Під час цього обробітку верхній шар ґрунту разом із рослинними рештками переміщується у нижчу частину орного горизонту. Унаслідок цього частина органічної маси та поживних елементів, які в ній містяться, опиняється переважно в середньому шарі ґрунту. У процесі подальшого розкладання рослинних решток відбувається поступове надходження калію у ґрунтовий розчин, що зумовлює дещо більший його вміст саме в цьому шарі. Але, при цьому, перемішування ґрунту під час оранки сприяє вирівнюванню розподілу елементів живлення в межах усього орного шару (табл. 4.3).

За безполицевих обробітків відмічалось нерівномірність розподілу калію в ґрунтовому профілі. Зокрема за безполицевого поверхневого основного обробітку вміст цього елементу на початку вегетації був найбільший та становив 144,6 мг/кг в 0–10 см шарі ґрунту, що на 13,6 мг/кг істотно більше контролю (полицевого обробітку). У глибших горизонтах його кількість поступово зменшувалася до 136,8 мг/кг у 10–20 см товщі, що суттєво більше контролю на 2,6 мг/кг ґрунту та 130,8 мг/кг – у шарі 20–30 см, що на рівні контролю (табл. 4.3).

За безполицевого мілкового обробітку спостерігалась схожа тенденція зміни досліджуваних показників за глибиною. Зокрема, у 0–10 см шарі містилося 143,5 мг/кг доступного калію, що істотно – на 12,5 мг/кг більше контролю. У 10–20 см товщі перевага цього варіанту над контролем становила 4,1 мг/кг, а в 20–30 см – 0,9 мг/кг. Відсутність перевертання пласта обмежує їх переміщення у глибші горизонти, тому основна маса органічних решток концентрується у шарі 0–10 см. У процесі їх поступового розкладання під впливом ґрунтових мікроорганізмів відбувається вивільнення поживних елементів, зокрема калію, який переходить у доступні для рослин форми. Унаслідок цього у поверхневому шарі формується підвищений вміст рухомих форм калію, тоді як у глибших шарах його кількість залишається меншою.

Під час наступних обліків простежувалося поступове зменшення вмісту цього елементу в ґрунті за всіх варіантів досліду, що зумовлено активним споживанням калію рослинами впродовж росту та розвитку. На період цвітіння найбільша кількість K_2O містився в 0–10 см шарі ґрунту за безполицевого

поверхневого обробітку з показником 132,9 мг/кг, що істотно на 15,7 мг/кг ґрунту більше контролю. У шарі 10–20 см вміст рухомого калію за безполицевого поверхневого та мілкового обробітків суттєво не відрізнявся й становив 122,3 та 122,4 мг/кг, що на 2,7 та 2,8 мг/кг більше контролю. У шарі 20–30 см міст калію за безполицевого мілкового та безполицевого поверхневого обробітків також був близьким за значенням, але був істотно меншим від полицевого обробітку на 3,1 та 4,3 мг/кг (табл. 4.3).

До періоду збирання ячменю ярого вміст рухомого калію зменшився на 15–25 %, порівняно з початком вегетації. Істотні відмінності між обробітками спостерігалися лише у 0–10 см шарі ґрунту, де за поверхневого обробітку показник калію був більший від полицевого обробітку на 5,6 мг/кг, а за безполицевого мілкового на 3,5 мг/кг, що пов'язано з накопиченням рослинних решток попередника у верхній частині ґрунту та їх поступовим розкладанням. У нижній товщі ґрунту за безполицевих обробітків вміст цього елементу був істотно нижчий контролю. Зокрема, у шарі 10–20 та 20–30 см для безполицевого поверхневого варіанту зниження становило, відповідно, 11,4 та 11,0 мг/кг, а для безполицевого поверхневого – 10,1 та 11,0 мг/кг (табл. 4.3).

Аналіз взаємодії досліджуваних факторів вказує на те, що найсприятливіші умови на період сівби ячменю ярого в 0–10 см шарі ґрунту сформувалися після сої за безполицевого мілкового основного обробітку ґрунту – 159,5 мг/кг ґрунту. У товщі ґрунту 10–20 см найвищі показники були після сої за безполицевого поверхневого обробітку і становили 149,5 мг/кг. Тоді як, у нижньому 20–30 см шарі ґрунту найвищий вміст рухомого калію був після сої за полицевого основного обробітку ґрунту – 144,8 мг/кг, це пояснюється тим, що рештки загортаються на більшу глибину, що сприяє підвищенню вмісту калію саме у нижній частині орного шару. Натомість, за безполицевих обробітків основна маса рослинних решток залишається у поверхневому шарі ґрунту, тому процес мінералізації та вивільнення калію відбувається переважно у верхніх горизонтах, що обмежує його накопичення у шарі 20–30 см (табл. 4.3).

На період цвітіння по всіх досліджуваних шарах ґрунту найвищий вміст калію спостерігався після сої за проведення безполицевого поверхневого

обробітку і становив 145,2, 139,7 та 132,1 мг/кг по шарах, відповідно, 0–10, 10–20 та 20–30 см.

Перед збиранням культури найбільший вміст досліджуваного елементу в шарі 0–10 см був після сої за безполицевого поверхневого обробітку і становив 120,6 мг/кг. У свою чергу, в шарах 10–20 та 20–30 см найвищий вміст був після сої за проведення полицевого основного обробітку і становив, відповідно, 118,1 та 116,3 мг/кг. Це можна пояснити тим, що під час полицевої оранки відбувається інтенсивніше перемішування орного шару ґрунту та загортання рослинних решток сої на більшу глибину. У процесі мінералізації цих органічних решток калій поступово вивільняється і розподіляється у нижчих горизонтах орного шару. Крім того, перевертання пласта сприяє переміщенню поживних елементів з верхнього шару в глибші, що зумовлює їх накопичення у нижніх.

Висновки до розділу 4

У результаті проведених досліджень встановлено, що попередники, варіанти основного обробітку та їх поєднання достовірно впливали на поживний режим ґрунту в агроценозі ячменю ярого.

Кращим варіантом попередника за впливом на поживний режим ґрунту виявилася соя, яка забезпечила найвищий вміст нітратного азоту та доступних форм фосфору і калію як на початку, так і впродовж вегетації культури. Зокрема, за вмістом нітратного азоту на період сівби ячменю ярого перевага над контролем (кукурудзою на зерно) становила 11,9 мг/кг у 0–10 см товщі, 7,5 – 10–20 та 7,7 мг/кг у шарі 20–30 см. За вмістом доступних сполук фосфору надбавка по цим же шарам становила 16,7, 15,8 та 14,7 мг/кг ґрунту, а калію – 2,5, 5,0 та 4,3 мг/кг ґрунту.

Серед варіантів основного обробітку ґрунту найвищий рівень нітратного азоту в ґрунті забезпечило проведення полицевого основного обробітку (оранки) на 23–25 см. Зокрема, на період сівби ячменю ярого відмічено 55,4 мг/кг ґрунту NO_3 у шарі 0–10 см, 37,3 – 10–20 та 17,8 мг/кг ґрунту в 20–30 см товщі. Безполицеві варіанти продемонстрували достовірне зниження вмісту цього елементу на 3,3–6,8 мг/кг ґрунту порівняно з контролем. Упродовж вегетації

культури та на період її збирання відмічено аналогічні тенденції розподілу нітратів у ґрунті залежно від його обробітку.

Диференціація досліджуваного шару ґрунту за вмістом нітратного азоту спостерігалася за всіх варіантів його обробітку.

За проведення безполицевих обробітків відмічалось істотне збільшення вмісту доступного фосфору та калію до контролю (полицевого). Зокрема, у варіанті з безполицевим мілким обробітком у 0–10 см шарі ґрунту на період сівби культури вміст фосфору показував приріст до контролю в 11,1 мг/кг, а безполицевим поверхневим – 9,1 мг/кг. За вмістом доступного калію у верхньому 0–10 см шарі перевага безполицевого мілкого варіанту над оранкою становила 12,5 мг/кг ґрунту, а безполицевого поверхневого – 13,6. Достовірною була надбавка цих варіантів і в глибших досліджуваних шарах ґрунту.

Серед поєднань досліджуваних факторів достовірно переважали решту:

- За вмістом нітратного азоту – попередник соя в комплексі з полицевим обробітком;
- За вмістом доступних форм фосфору та калію – попередник соя в комплексі з безполицевим мілким обробітком.

Результати досліджень з цього розділу опубліковано в науковій праці [262].

РОЗДІЛ 5

ЗАБУР'ЯНЕНІСТЬ ПОСІВІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКІВ ТА ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

5.1. Потенційна забур'яненість ґрунту залежно від попередників та основного обробітку

Потенційна забур'яненість ґрунту є одним із найважливіших параметрів, що обумовлюють фітосанітарний стан агроценозу та свідчить про рівень засміченості орного шару ґрунту насінням бур'янів. Видовий склад насіння та його кількість у ґрунті формується під впливом різних чинників, серед яких суттєве значення мають попередник та основний обробіток ґрунту.

Основними передумовами високої потенційної забур'яненості ґрунту є біологічні особливості самих бур'янів, які забезпечують їхню надзвичайну життєздатність і здатність до швидкого відновлення чисельності. Більшість видів характеризуються високою насінневою продуктивністю, що сприяє постійному поповненню ґрунтового банку насіння. Значна частина насіння має тривалий період збереження життєздатності у ґрунті, завдяки чому воно може проростати впродовж кількох років після потрапляння в орний шар. Крім того, для бур'янів притаманна розтягнутість строків проростання насіння, що ускладнює контроль їх сходів і забезпечує поетапне відновлення популяцій упродовж вегетаційного періоду культурних рослин. Висока екологічна пластичність більшості видів дозволяє їм пристосовуватися до широкого діапазону гідротермічних умов, успішно розвиватися як у вологі роки, так і за нестачі вологи чи підвищених температур [43]. Таке поєднання біологічних властивостей зумовлює стабільне збереження та поступове зростання потенційного запасу насіння бур'янів у ґрунті, особливо за відсутності належних агротехнічних заходів, що регулюють фітосанітарний стан посівів [204, 45].

Культурний стан ґрунту (чистий) вважається тоді, коли в його орному шарі присутні менше ніж 1 тис./га коренів багаторічних і 10 млн шт./га схожого насіння малорічних бур'янів. За даними Іващенко О. О., через надмірну потенційну засміченість ґрунту в посівах ячменю ярого за вегетаційний період

може з'явитися на 1 м² до 1,5–2,0 тис. сходів малорічних і 15–30 паростків або пагонів багаторічних коренепаросткових бур'янів [213, 214].

Своєчасний та систематичний облік потенційної забур'яненості ґрунту є ключовою умовою ефективного управління фітосанітарним станом посівів. За відсутності таких даних контроль актуальної забур'яненості стає менш результативним, оскільки не враховує реальних масштабів і довготривалої дії ґрунтового банку насіння. Саме величина запасів насіння бур'янів у ґрунті визначає інтенсивність появи сходів протягом усього вегетаційного періоду та формує загрозу забур'янення культур навіть за проведення окремих винищувальних заходів [8].

Планування профілактичних, винищувальних і спеціальних прийомів боротьби з бур'янами потребує врахування конкретних ґрунтово-кліматичних умов, попередників і технологічних операцій. Розроблення таких заходів має спиратися на прогнозні оцінки можливого рівня засміченості ґрунту й очікуваної забур'яненості культур у сівозміні. Це дозволяє не лише мінімізувати появу нових хвиль бур'янів, а й поступово зменшувати ґрунтовий запас їх насіння, що є стратегічно важливим для підтримання стабільної продуктивності посівів і підвищення ефективності всієї системи землеробства [89].

Ячмінь ярий належить до культур, що відзначаються підвищеною чутливістю до бур'янів. Бур'яни в його посівах погіршують умови росту й розвитку рослин, сприяють поширенню шкідників, хвороб, утруднюють обробіток ґрунту, погіршують якість врожаю та знижують урожайність на 40–45 % [210, 264].

Сівозмінна відіграє ключову роль у регулюванні фітосанітарного стану агроценозів, оскільки зміна культур формує різноспрямований селекційний тиск на бур'янові угруповання. Кожна культура висуває власні вимоги до технології вирощування, тим самим визначаючи характер і строки основного та передпосівного обробітку ґрунту, оптимальний період сівби, специфіку та час дії гербіцидів, а також можливості застосування механічних способів контролювання бур'янів [304, 225].

За даними О.О. Іващенко, за останнє десятиліття спостерігається істотне збільшення потенційної забур'яненості орного шару ґрунту: кількість життєздатного насіння малорічних бур'янів у шарі 0–30 см зросла приблизно на 30 %. Ним встановлено, що середні показники насіннєвого резерву становлять близько 1,14 млрд шт./га в умовах Степу, 1,71 млрд шт./га – у Лісостепу та 1,47 млрд шт./га – у зоні Полісся [45].

Порівняно з наведеними результатами, сучасні дослідження підтверджують тенденцію до подальшого накопичення насіння в ґрунтовому банку, що обумовлено як змінами систем обробітку, так і зростанням стійкості бур'янів до гербіцидів [56].

Циліуриком О. І. і Шевченком С. М. було встановлено, що на активно використовуваних сільськогосподарських угіддях насіннєвий запас може досягати близько 452 млн шт./га, що істотно перевищує показники рекультивованих земель, де він становить у середньому 191 млн шт./га. Найнижчий рівень засміченості спостерігається у природних агроєкосистемах – приблизно 11 млн шт./га, що свідчить про природну здатність стабільних екосистем до саморегуляції та стримування розвитку бур'янових угруповань [258].

Насіння бур'янів після дозрівання часто перебуває у стані природного спокою, що допомагає виживати в мінливих умовах. Цей спокій зумовлений фізіологічними та морфологічними бар'єрами – щільною оболонкою, недорозвиненим ембріоном, інгібіторами проростання або потребою у певних температурах. За даними Baskin, такі механізми характерні для більшості бур'янів і дозволяють синхронізувати проростання з оптимальними погодними умовами. Згодом оболонка руйнується, інгібітори змиваються, а температура стає сприятливою, що активує насіння для проростання за наявності вологи, тепла й світла [7, 28].

Насіння без первинного спокою, як у підмаренника чіпкого (*Galium aparine* L.), може не проростати за несприятливих умов, доки температура, волога та світло не стануть оптимальними для росту. Деякі види, наприклад амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), входять у вторинний спокій, коли

несприятливі умови затримують проростання. Для активації насіння потрібні додаткові фактори, такі як замерзання або нагрівання, що сприяють подоланню цього спокою [117, 136]. Такий механізм дозволяє насінню зберігати життєздатність у ґрунті та забезпечує його адаптацію до змін середовища, коли воно чекає на настання сприятливих умов для проростання в оптимальний сезон [7, 65].

Вибір правильного часу і способу обробітку є важливим для успішного контролю бур'янів у посівах. Обробіток ґрунту механічним способом порушує ґрунтовий шар і сприяє проростанню більшості сегетальних бур'янів, особливо коли їх насіння не перебуває у стані первинного спокою. Завдяки малому розміру насіння ці рослини швидко реагують на порушення ґрунтового шару та ефективно використовують створені умови. Після обробітку ґрунт стає теплішим, збагачується нітратами та краще аерується, що сприяє активації проростання [205, 147].

Проникнення сонячного світла в поверхневий шар ґрунту також є важливим фактором, який стимулює подолання спокою насіння бур'янів. Таким чином, механічний обробіток не лише покращує фізичні властивості ґрунту, а й активує біологічні процеси, що призводить до масової появи бур'янів [147].

Спосіб проведення основного обробітку ґрунту значно впливає на склад та густоту бур'янового компоненту, а також змінює вертикальний розподіл насіння в ґрунті. Систематичне та якісне здійснення основного обробітку ґрунту може знизити його потенційну забур'яненість на 85–95 % [115, 173].

Повністю ліквідувати насіннєвий банк у ґрунті неможливо, проте розуміння механізмів виживання насіння різних видів дає змогу прогнозувати тривалість необхідного інтегрованого контролю бур'янів для зниження їхньої чисельності до прийнятного рівня. Здатність насіння виживати також суттєво впливає на ефективність механічних заходів обробітку ґрунту і може стати ключовим фактором у зміні домінування бур'янів – наприклад, з дводольних на злакові – за відсутності обробітку [286, 212].

Потенційна засміченість формувалася як за рахунок проростання та загибелі частини насіння впродовж вегетації, так і через надходження нового

насіннєвого матеріалу в результаті осипання з бур'янів. Результати досліджень, наведені на рисунку 5.1 свідчать, що потенційна забур'яненість ячменю ярого в середньому за чотири роки істотно залежала від попередника та характеризувалася різним розподілом запасів насіння бур'янів у оброблюваному шарі ґрунту.

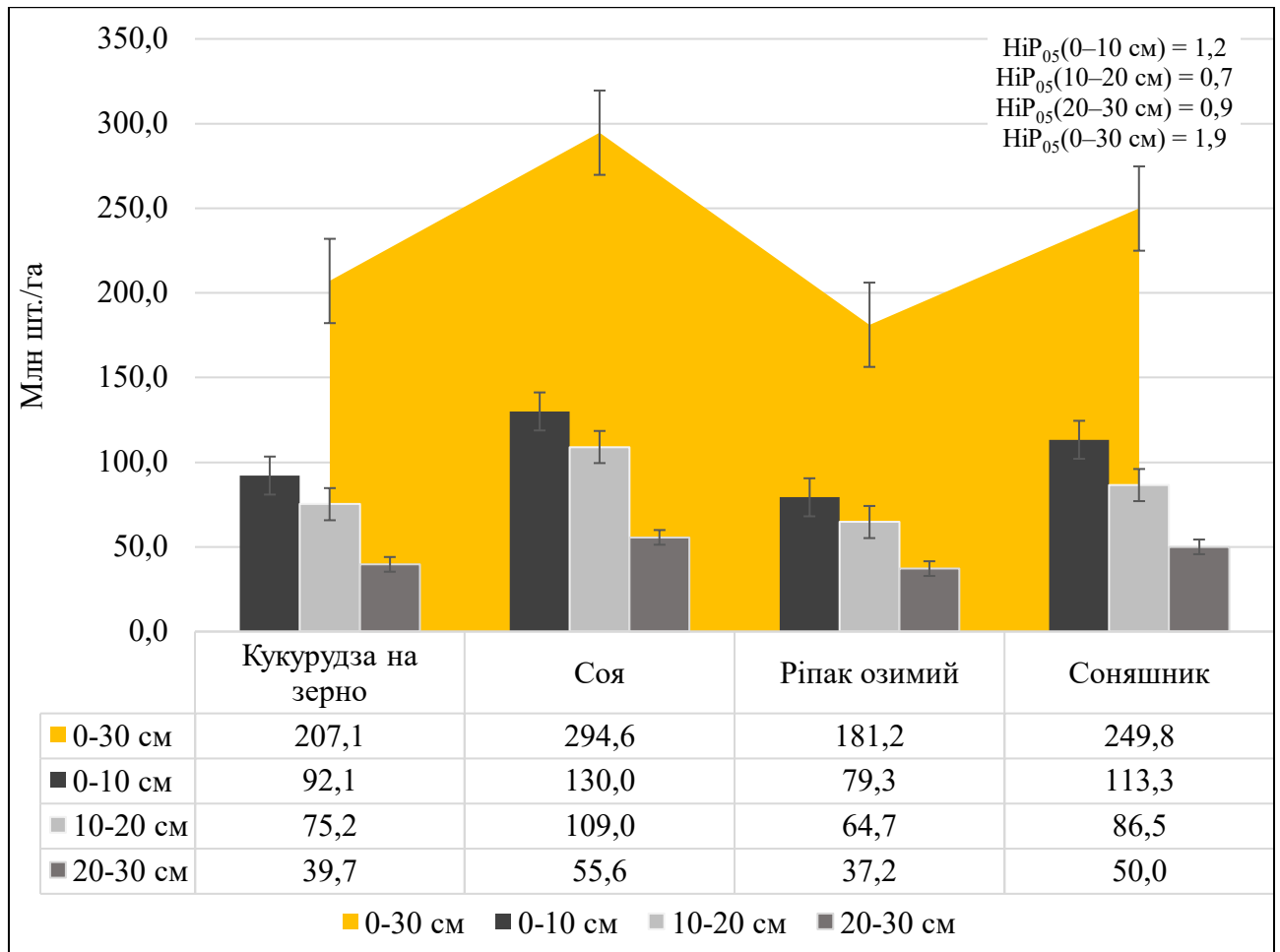


Рис. 5.1. Потенційна забур'яненість ґрунту в агроценозі ячменю ярого залежно від попередника, в середньому за 2021–2024 рр.

У верхній 0–10 см товщі ґрунту найвищі запаси насіння бур'янів відмічено після сої – 130,0 млн шт./га, що перевищувало показники після контролю (кукурудзи на зерно) на 37,9 млн шт./га або на 41,2 %. Вищий рівень потенційної забур'яненості порівняно з контролем також формувався після соняшнику – 113,3 млн шт./га, що на 21,2 млн шт./га або на 23,0 % більше. Найменші запаси насіння бур'янів у поверхневому шарі ґрунту зафіксовано після ріпаку озимого – 79,3 млн шт./га, що було на 12,8 млн шт./га або на 13,9 % менше порівняно з кукурудзою на зерно. На нашу думку, такі відмінності зумовлені біологічними

особливостями попередників та їх різною конкурентною здатністю щодо бур'янів. Соя і соняшник характеризуються повільним початковим ростом, тривалим періодом відкритих міжрядь і формуванням кількох хвиль бур'янів, значна частина яких встигає завершити генеративний цикл і поповнити ґрунтовий банк насіння. Натомість ріпак озимий завдяки ранньому розвитку, швидкому змиканню листкового апарату та ефективній системі захисту істотно обмежує генеративну здатність бур'янів (рис. 5.1).

Схожі відмінності між попередниками збереглися й у інших досліджуваних шарах ґрунту. Зокрема, у шарі 20–30 см потенційна забур'яненість посівів ячменю ярого відрізнялася зменшенням кількості насіння в ґрунті, що зумовлено обмеженою вертикальною міграцією насіння бур'янів, його переважною локалізацією у верхньому оброблюваному шарі та особливостями основного обробітку ґрунту, внаслідок чого лише незначна частина насіннєвого матеріалу потрапила в глибші горизонти. При цьому найвищі запаси насіння бур'янів у цьому шарі спостерігалось після сої – 109,0 млн шт./га, що перевищувало показники контролю (кукурудзи на зерно) на 33,8 млн шт./га або на 44,9 %. Високі значення потенційної забур'яненості також відмічено після соняшнику – 86,5 млн шт./га, що було на 11,3 млн шт./га або на 15,0 % більше порівняно з контролем.

Найменші запаси насіння бур'янів у шарі ґрунту 20–30 см сформувалися після ріпаку озимого – 64,7 млн шт./га, що на 10,5 млн шт./га або 14,0 % менше відносно кукурудзи на зерно. Це підтверджує його позитивну післядію щодо обмеження поповнення ґрунтового банку насіння бур'янів упродовж вегетаційного періоду.

У цілому, в 0–30 см товщі ґрунту найбільший насіннєвий запас бур'янів було сформовано за розміщення ячменю ярого після сої – 294,6 млн шт./га, що більше контролю на 87,5 млн шт./га або 42,2 %. Після соняшнику збільшення насіннєвого банку було на 42,7 млн шт./га або 20,6 %. Після ріпаку озимого зафіксовано найменшу кількість насіння бур'янів у 0–30 см товщі ґрунту, що 25,9 млн шт./га або 12,5 % менше за контроль.

Потенційна забур'яненість ґрунту в посіві ячменю ярого істотно залежала й від варіанту основного обробітку ґрунту та характеризувалася різним розподілом запасів насіння бур'янів за глибиною (рис. 5.2).

У верхньому 0–10 см шарі ґрунту найменші запаси насіння бур'янів сформувалися за полицевого варіанту (контроль) – 75,6 млн шт./га. За безполицевого мілкого обробітку цей показник зростав до 107,3 млн шт./га, що перевищувало контроль на 31,7 млн шт./га або 41,9 %. Максимальні запаси насіння бур'янів у цьому шарі ґрунту зафіксовано за безполицевого поверхневого обробітку – 128,1 млн шт./га, що було на 52,5 млн шт./га або 69,4 % більше, порівняно з полицевим обробітком.

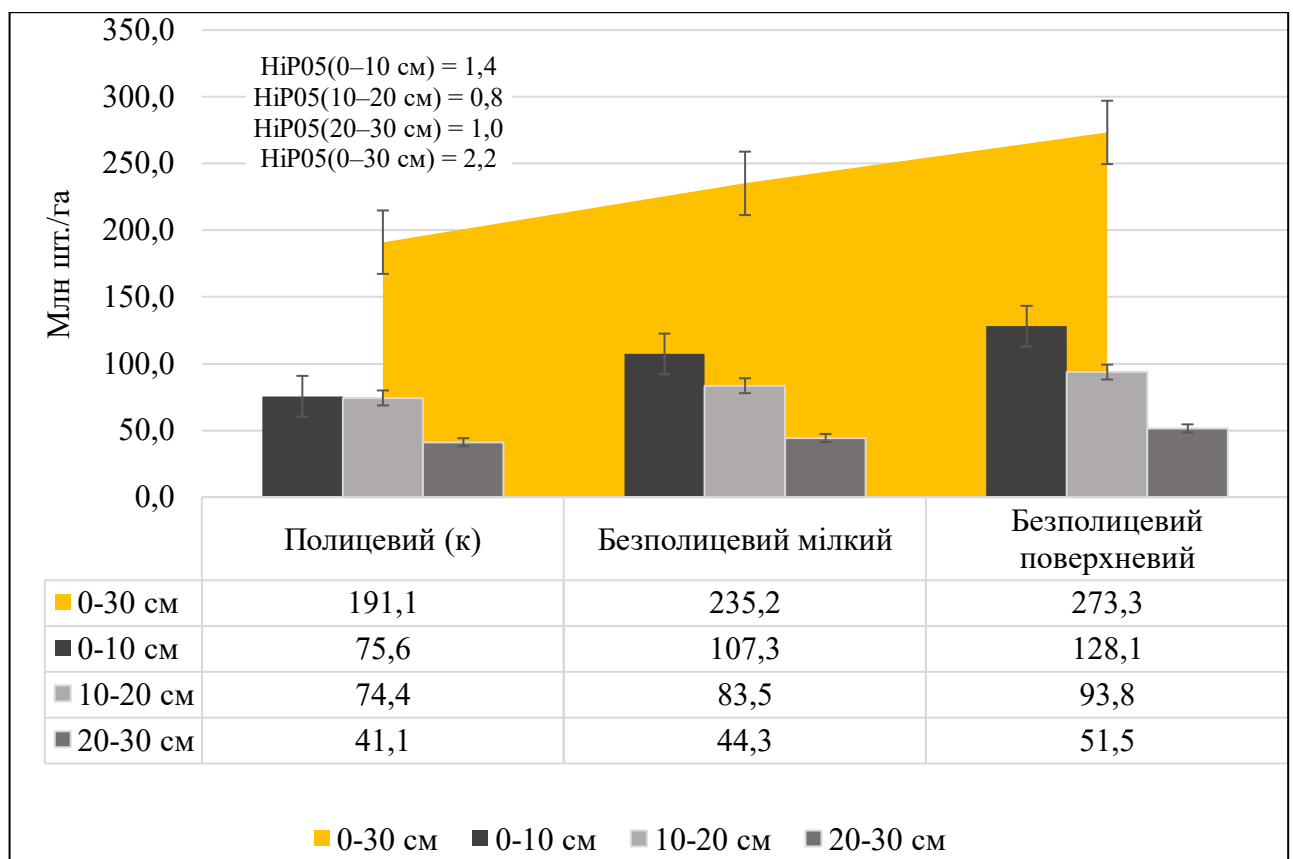


Рис. 5.2. Потенційна забур'яненість ґрунту в агроценозі ячменю ярого залежно від основного обробітку ґрунту, в середньому за 2021–2024 рр.

У шарі 10–20 см найменші запаси бур'янового насіння також були відмічені за полицевого обробітку і становили 74,4 млн шт./га, що практично не відрізнялося від верхнього 0–10 см шару. Це свідчить про рівномірний розподіл насіннєвого матеріалу по всій глибині обробітку за проведення оранки на 23–

25 см та зменшення його концентрації в нижній частині (20–30 см) досліджуваного шару.

За безполицевого мілкового обробітку кількість насіння бур'янів у шарі 10–20 см становила 83,5 млн шт./га, що на 23,8 млн шт./га менше, ніж у верхньому. Проте, можна констатувати переміщення частини насіння з верхнього 0–10 см шару та акумуляцію його у межах зони основного механічного впливу робочих органів ґрунтообробних знарядь. Цим зумовлено збільшення кількості насіння бур'янів у товщі ґрунту 10–20 см за безполицевого мілкового обробітку ґрунту, порівняно з полицевим. Максимальні запаси насіння бур'янів у цьому шарі формувалися за безполицевого поверхневого обробітку – 93,8 млн шт./га, що пов'язано з обмеженою глибиною розпушування та концентрацією насінневого матеріалу у верхніх і середніх горизонтах орного шару.

У шарі ґрунту 20–30 см аналогічна закономірність зберігалася. Найменша кількість насіння бур'янів відмічена за полицевого обробітку – 41,1 млн шт./га, тоді як за безполицевого мілкового та поверхневого обробітків вона зростала відповідно до 44,3 та 51,5 млн шт./га, що перевищувало контроль на 3,2 і 10,4 млн шт./га (26,1 %).

Загалом у межах орного шару найбільші запаси насіння бур'янів формувалися за безполицевого поверхневого обробітку, що підтверджується й показниками узагальненого шару, де їх кількість становила 51,5 млн шт./га, тоді як за полицевого обробітку – 41,1 млн шт./га. Проміжне положення займав безполицевий мілкий обробіток – 44,3 млн шт./га.

Виявлені відмінності зумовлені особливостями механічного впливу різних варіантів обробітку ґрунту на вертикальний перерозподіл насіння бур'янів. Полицевий обробіток забезпечує загортання значної частини насіння в глибші шари ґрунту, де умови для проростання менш сприятливі, що сприяє зменшенню потенційної забур'яненості. Натомість безполицеві, особливо поверхневі, обробітки сприяють концентрації насіння у верхньому шарі ґрунту, що зумовлює підвищення потенційної забур'яненості посівів ячменю ярого.

Отримані нами дані щодо впливу обробітку на розподіл насіння бур'янів у ґрунті узгоджуються з даними Карнауха О. Б. та Ображія С. В., які також

відмітили закономірність у зменшенні потенційної забур'яненості ґрунту зі зменшенням глибини його обробітку [215, 254].

За роки дослідження було встановлено, що запаси насіння бур'янів у орному шарі ґрунту (0–30 см) характеризувалися значною мінливістю залежно від варіантів взаємодії досліджуваних факторів – попередника та основного обробітку ґрунту. У середньому по роках досліджень в 0–30 см товщі рівень забур'яненості ґрунту змінювався в межах 153,8–348,5 млн шт./га залежно від варіанту, що було зумовлено як попередниками, так варіантами обробітку ґрунту (табл. 5.1).

Найбільша концентрація насіння бур'янів не залежно від попередника знаходилася в шарі 0–10 см і поступово зменшувалася з глибиною відбору зразка.

Таблиця 5.1

**Потенційна забур'яненість ґрунту в агроценозі ячменю ярого,
в середньому за 2021–2024 рр.**

Фактор А	Фактор В	Чисельність бур'янів, шт./м²			
		млн шт./га	млн шт./га	млн шт./га	млн шт./га
Шар ґрунту, см		0–10 см	10–20 см	20–30 см	0–30 см
Кукурудза на зерно (к)	Полицевий (к)	71,4	65	38	174,4
	Безполицевий мілкий	98,7	79,2	35	212,9
	Безполицевий поверхневий	106,3	81,5	46,1	233,9
Соя	Полицевий (к)	94,1	87,1	49,7	230,9
	Безполицевий мілкий	137,7	110,5	56,3	304,5
	Безполицевий поверхневий	158,2	129,4	60,9	348,5
Ріпак озимий	Полицевий (к)	61,9	57,8	34,1	153,8
	Безполицевий мілкий	76,2	62,6	37,2	176
	Безполицевий поверхневий	99,8	73,7	40,3	213,8
Соняшник	Полицевий (к)	75	87,5	42,7	205,2
	Безполицевий мілкий	116,7	81,7	48,8	247,2
	Безполицевий поверхневий	148,1	90,4	58,6	297,1
HiP05(AB)		2,4	1,4	1,7	3,7

За вирощування ячменю ярого після сої у поєднанні з безполицевим поверхневим варіантом обробітку нараховувалося 158,2 млн шт./га, у шарі 10–20 см – 129,4, а у шарі 20–30 см – 60,9 млн шт./га. Найменші показники вмісту насіння в ґрунті прослідковувалася після попередника ріпаку озимого за

полицевого основного обробітку ґрунту, де у шарах 0–10, 10–20 та 20–30 см знаходилося, відповідно, 61,9, 57,8 та 34,1 млн шт./га насінин бур'янів. Таким чином, це поєднання можна вважати найбільш оптимальним з точки зору контролю актуальної забур'яненості ґрунту. Також, слід відмітити позитивний ефект від застосування ріпаку озимого як попередника й у поєднанні з мілким та поверхневим варіантами основного обробітку ґрунту, які забезпечили одні з найнижчих показників потенційної забур'яненості ґрунту в досліді (табл. 5.1).

5.2. Актуальна забур'яненість посівів ячменю ярого залежно від попередників та основного обробітку ґрунту

Правильний підбір попередників у сівозміні є ефективним засобом контролю забур'яненості, як у кількісному, так і у видовому аспекті. Це дозволяє не лише знижувати чисельність бур'янів, але й змінювати видове співвідношення, що має значний вплив на подальші посіви [267].

У сільському господарстві, також підкреслюється серйозна загроза падалиці соняшнику. Згідно досліджень О. І. Цилюрика, С. М. Шевченко, О. М. Шевченко та ін., ця культура може викликати суттєві проблеми у наступних посівах, забезпечуючи 150–220 тис. сходів на гектар. Особливо відчутні наслідки падалиці в умовах безполіцевих методів обробітку ґрунту, де в посівах ячменю ярого загальна кількість бур'янів і падалиці соняшнику досягає критичних рівнів (126–290 шт./м²) [258, 306].

Контроль сегетальної рослинності в агрономії є комплексним процесом, який потребує уваги не лише до сівозміни, але й до методів основного обробітку ґрунту [265, 266]. У дослідженнях О. Б. Карнауха найменша кількість бур'янів спостерігалася у варіанті з оранкою на глибину 20–22 см, тоді як найбільша – при дискуванні на глибину 10–12 см, що свідчить ефективніший контроль бур'янів за рахунок зниження ймовірності проростання насіння, яке залишається в нижніх шарах ґрунту [216, 221].

Згідно даних В. М. Польового та ін., зменшення глибини обробітку ґрунту не тільки не сприяло ефективному зниженню кількості бур'янів, а й навпаки, створювало сприятливі умови для їхнього розвитку. Такий ефект може бути

пояснений зміною структури ґрунту та недостатньою глибиною обробітку, що не забезпечує належне пригнічення бур'янів. Отже, результати свідчать про те, що вибір методу обробітку ґрунту є критично важливим для контролю забур'яненості посівів [202]. В. В. Гангур та О. І. Лень вказують, що безполицевий обробіток сприяв збільшенню кількості бур'янів на 51,0–64,1 % у порівнянні з оранкою [177, 311].

За результатами обліків на початку вегетації культури бур'янове угруповання налічувало до 11 видів залежно від варіантів дослідів (рис. 5.3).

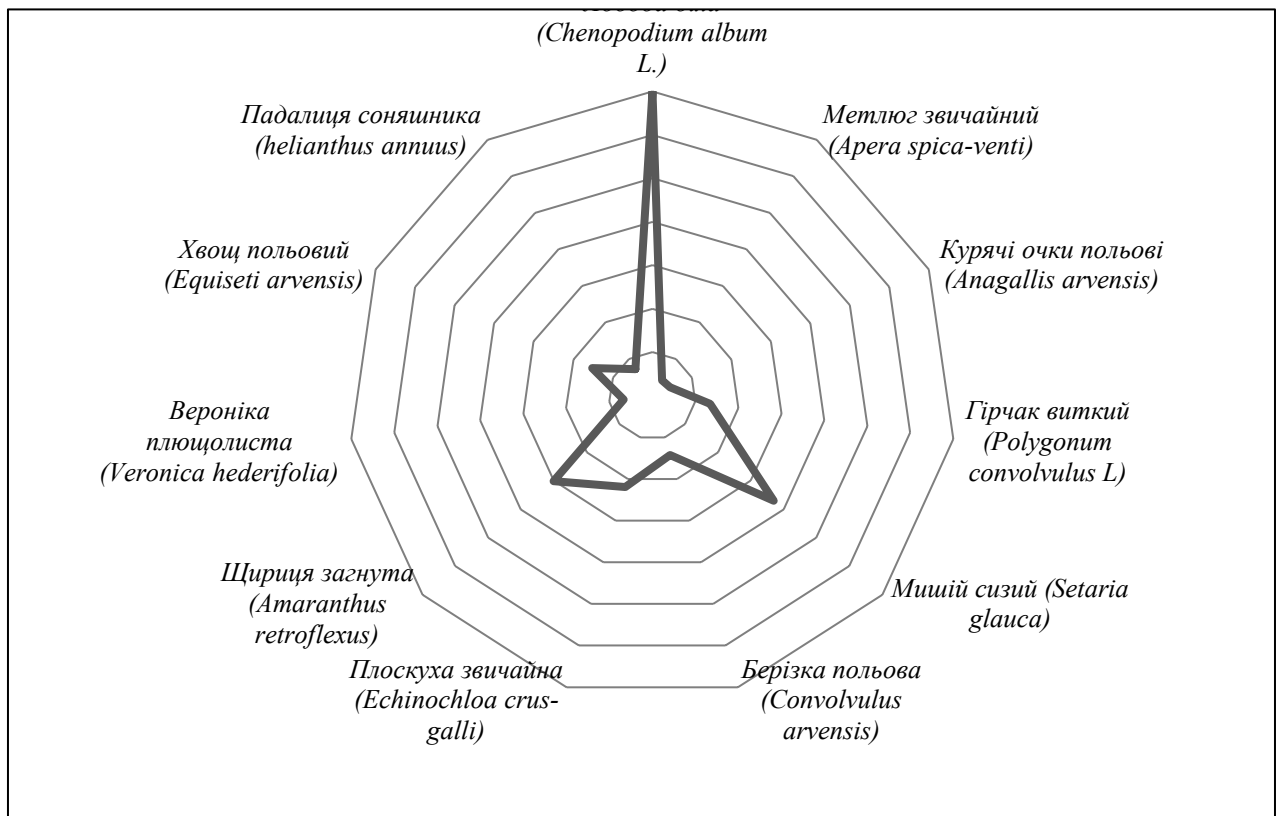


Рис. 5.3. Видовий спектр забур'яненості ячменю ярого, в середньому за 2021–2024 рр.

Видовий склад бур'янової синузії відрізнявся залежно від попередника та варіантів основного обробітку ґрунту. Злакові види були представлені плоскухою звичайною (*Echinochloa crus-galli*), метлюгом звичайним (*Apera spica-venti*) та мишієм (*Setaria glauca*). Слід відмітити, що метлюг звичайний у кількості 17–20 шт./м² був присутній лише після сої та 3–10 шт./м² після ріпаку озимого та лише за безполицевих варіантів обробітку ґрунту. Після решти попередників та у варіантах з оранкою цей бур'ян зустрічався поодиноким у

кількості не більше 2 шт./м². Серед дводольних видів абсолютним домінантом була лобода біла (*Chenopodium album*), чисельність якої становила до 206 шт./м². Також зустрічалися курячі очка польові (*Anagallis arvensis*), гірчак виткий (*Polygonum convolvulus* L.), берізка польова (*Convolvulus arvensis*), щириця загнута (*Amaranthus retroflexus*), вероніка плющелиста (*Veronica hederifolia* L.), хвощ польовий (*Equisetum arvensis*). Після соняшника посіви культури також були засмічені його падалицею в кількості від 2–5 після оранки до 37–40 шт./м² після безполицевих обробітків (дод К).

У рамках дослідження було проведено аналіз чисельності бур'янів у різні фази розвитку культури на стадії кущіння (перед застосуванням гербіцидів), цвітіння та повної стиглості. Під час останнього обліку також було зафіксовано кількість репродуктивних особин бур'янів і їх масу. Результати показали, що обрані попередники та методи основного обробітку ґрунту мають значний вплив на чисельність бур'янів, що підтверджується статистичним аналізом отриманих даних (табл. 5.2).

Аналізуючи усереднений вплив попередників на актуальну забур'яненість ячменю ярого встановлено, що після сої чисельність бур'янів була найбільшою і становила 373 шт./м², що суттєво на 51,3 шт./м² більше порівняно з контролем. Після ріпаку озимого, навпаки, чисельність бур'янів була значно меншою і становила в середньому 291 шт./м². Після соняшнику значення забур'яненості були на рівні 355 шт./м², що теж суттєво вище контролю (табл. 5.2).

Дисперсійний аналіз засвідчив суттєвий вплив варіанту основного обробітку ґрунту на забур'яненість культури. Найменші значення кількості бур'янів були зафіксовані за проведення полицевого обробітку ґрунту із середнім показником 290 шт./м². Використання мілкового та поверхневого безполицевих обробітків призводило до суттєвого підвищення забур'яненості посівів до, відповідно, 340 та 392 шт./м², що є суттєвим показником (табл. 5.2).

Особливо важливим є той факт, що саме на варіантах із мілким і поверхневим безполицевим обробітками спостерігалось збільшення кількості багаторічних бур'янів, зокрема березки польової, що вказує на потенційно негативний вплив таких методів на управління видів бур'янів у агроценозі. Ці

результати свідчать про те, що використання поверхневих обробіток може не лише підвищувати забур'яненість, але й сприяти розвитку більш стійких та агресивних бур'янів, таких як багаторічні види, що потребують додаткових заходів контролю.

Таблиця 5.2

**Динаміка актуальної забур'яненості ячменю ярого та сира маса бур'янів,
у середньому за 2021–2024 рр.**

Фактор А	Фактор В	Чисельність бур'янів, шт./м ²				Сира маса бур'янів, г/см ²
		Кущіння	Цвітіння	Повна стиглість	Репродуктивні, екземпляри	
Кукурудза на зерно (к)	Пол. (к)	285	20	18	8	63,1
	Б. м.	324	32	29	13	376,7
	Б. п.	356	43	39	20	467,9
Соя	Пол. (к)	329	34	32	17	433,9
	Б. м.	377	45	41	21	606,4
	Б. п.	414	51	48	25	725,6
Ріпак озимий	Пол. (к)	250	17	15	5	23,5
	Б. м.	293	30	27	11	198,8
	Б. п.	331	39	35	13	350,4
Соняшник	Пол. (к)	297	25	24	12	359,9
	Б. м.	369	40	38	17	422,3
	Б. п.	400	42	39	19	474,0
HiP₀₅(AB)		18	5	4	2,2	23,7
Кукурудза на зерно		322	32	29	14	302,6
Соя		373	44	40	21	588,6
Ріпак озимий		291	29	26	10	190,9
Соняшник		355	36	34	16	418,7
HiP₀₅(A)		4	3	3	1	13,7
Полицевий (к)		290	24	22	11	220,1
Безполицевий мілкий		341	37	34	16	401,1
Безполицевий поверхневий		375	44	40	19	504,5
HiP₀₅(B)		4	2	2	1,1	11,8

Серед варіантів взаємодії факторів найкращим виявилось поєднання попередника ріпаку озимого на фоні оранки, що забезпечило достовірно нижчу забур'яненість культури на початку вегетації на рівні 250 шт./м². Результати близькі до контролю показало поєднання ріпаку озимого з оранкою – 293 шт./м² та соняшнику з оранкою – 297 шт./м². Таким чином можна зробити висновок, що використання ріпаку озимого як попередника дозволяє впроваджувати мінімізацію основного обробітку ґрунту без суттєвого зростання забур'яненості наступної культури – ячменю ярого.

Заходи з контролювання бур'янів, проведені впродовж вегетації, та конкурентна здатність самої культури спричинили суттєве зниження чисельності бур'янів у посівах. Проте, тенденції щодо видового розподілу та впливу варіантів на забур'яненість збереглися.

Окремо слід відмітити вплив досліджуваних варіантів на кількість репродуктивних екземплярів бур'янів, які утворили насіння до періоду збирання культури. Найменшу чисельність таких бур'янових рослин спостерігали у агроценозі ячменю ярого, вирощеного після ріпаку озимого – 10 шт./м², що суттєво, на 4 шт./м² менше, ніж на контролі. Після сої та соняшнику чисельність репродуктивних екземплярів становила, відповідно, 21 та 16 шт./м², що суттєво більше контролю.

Серед варіантів основного обробітку ґрунту після безполицевого мілкого та поверхневого було сформовано на, відповідно, 5 та 8 шт./м² репродуктивних екземплярів бур'янів більше, ніж на контролі.

У результаті, найбільше репродуктивних бур'янових рослин бур'янів було зафіксовано за вирощування ячменю ярого після сої в поєднанні з безполицевим поверхневим обробітком ґрунту – 25 шт./см², а найменше – 5 г/м² відмічено після ріпаку озимого в комплексі з полицевим обробітком.

Найбільш суттєвим показником, що впливає на характер конкурентних відносин між культурою та бур'янами є вегетативна маса останніх. За роки дослідження відзначається, що вегетативна сира маса бур'янів демонструє схожу до їх чисельності тенденцію розподілу. Відмічено, що цей показник залежить як від попередників, так і від обраних систем основного обробітку. У цілому, достовірно найнижчою маса бур'янів у посівах ячменю ярого була після ріпаку озимого – 64,6 та сої – 78,1 г/м². Після соняшнику цей показник суттєво зростав до 156,7 г/м².

Усереднені дані по обробітку ґрунту вказують, що безполицевий мілкий та поверхневий варіанти призводили до суттєвого збільшення сирої маси бур'янів до, відповідно, 99,1 та 116,7 г/м².

Найбільше сирої маси бур'янів було за вирощування ячменю ярого після сої в поєднанні з безполицевим поверхневим обробітком ґрунту – 725,6 г/м², а

найменше – $23,5 \text{ г/м}^2$ спостерігалось після ріпаку озимого в тандемі з полицевим обробітком. За досліджуваний період відмічено варіації в кількості та масі бур'янів, які, в основному, зумовлені змінами погодних умов. Значні опади, особливо в переджнивний період, сприяли різкому збільшенню чисельності бур'янів і їх вегетативної маси. У той же час, посушливі періоди мали зворотний вплив, знижуючи їх розвиток.

Серед варіантів поєднань досліджуваних факторів найменшою маса бур'янів була за вирощування ячменю ярого після ріпаку озимого та сої на фоні оранки, відповідно, $23,5$ та $57,6 \text{ г/м}^2$.

Висновки до розділу 5

У результаті проведених досліджень встановлено комплексний вплив попередника та основного обробітку ґрунту на потенційну та актуальну забур'яненість агроценозу ячменю ярого.

Відмічено, що найкращий протибур'яновий ефект мало застосування ріпаку озимого як попередника для ячменю ярого та полицевого варіанту основного обробітку ґрунту, що забезпечило суттєво найменшу, порівняно з контролем та іншими варіантами, чисельність насіння бур'янів у шарах 0–10, 10–20 та 20–30 см, відповідно, 61,9, 57,8 та 34,1 млн шт./га.

Також, цей варіант забезпечив найнижчі показники актуальної забур'яненості культури на початку та впродовж її вегетації. Зокрема, відмічено найменшу кількість сходів бур'янів перед внесенням гербіцидів у досліді – 250 шт./м^2 , на період збирання культури – 15, з яких репродуктивних – 5. Сира маса бур'янів, при цьому, становила $23,5 \text{ г/м}^2$.

Результати досліджень з даного розділу опубліковано в науковій праці [264].

РОЗДІЛ 6

УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА ПОПЕРЕДНИКІВ

6.1. Урожайність зерна ячменю ярого залежно від попередників та обробітку ґрунту

Інтегральним показником ефективності досліджуваних чинників у землеробстві є рівень врожайності сільськогосподарських культур, оскільки саме він узагальнює дію ґрунтово-кліматичних умов, біологічних особливостей культури та комплексу агротехнічних заходів. Урожайність відображає ступінь реалізації потенціалу продуктивності рослин і слугує об'єктивним критерієм оцінки доцільності застосування окремих елементів технології [94, 238].

Для ячменю ярого, з огляду на його чутливість до умов живлення, вологозабезпечення та фітосанітарного стану посівів, рівень урожайності є важливим узагальнюючим показником, який дозволяє оцінити вплив попередників у сівозміні. Саме через зміну агрофону, сформованого попередньою культурою, відбувається диференціація умов росту і розвитку ячменю ярого, що зрештою проявляється у величині та стабільності врожаю зерна [69].

В умовах Правобережного Лісостепу України значення цього показника особливо зростає, оскільки коливання погодних умов упродовж вегетаційного періоду підсилюють роль агротехнічних чинників, зокрема вибору попередника, у формуванні врожайності ячменю ярого [315, 312].

Статистичний аналіз отриманих даних вказує, що досліджувані фактори протягом 2021–2024 років мали суттєвий вплив на урожайність зерна ячменю ярого. В середньому за чотири роки досліджень встановлено, що найвища врожайність культури формувалася після попередників де коефіцієнт водоспоживання був найменшим, тобто після сої – 6,90 т/га, що на 33,2 % вище контролю, за якого цей показник становив 5,18 т/га. Низька урожайність після соняшника – 5,83 т/га, пояснюється недостатніми запасами продуктивної вологи та негативним впливом падалиці попередника. Після ріпаку озимого

урожайність культури становила 6,54 т/га, що суттєво вище за соняшник та кукурудзу на зерно, проте поступалася сої (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Урожайність ячменю ярого залежно від взаємодій досліджуваних факторів, у середньому за 2021–2024 рр., т/га

Попередники (А)	Основний обробіток ґрунту (В)	Середні урожайності, т/га					
		АВ	±, %, до контролю	А	±, %, до контролю	В	±, %, до контролю
кукурудза на зерно	Полицевий (к)	5,51	-	5,18	-	-	-
	Безполицевий мілкий	5,28	-4,20				
	Безполицевий поверхневий	4,75	-13,73				
соя	Полицевий (к)	7,14	29,74	6,90	33,21		
	Безполицевий мілкий	6,96	26,33				
	Безполицевий поверхневий	6,59	19,60				
ріпак озимий	Полицевий (к)	6,65	20,77	6,54	26,35		
	Безполицевий мілкий	6,63	20,43				
	Безполицевий поверхневий	6,34	15,10				
соняшник	Полицевий (к)	5,80	5,33	5,83	12,64		
	Безполицевий мілкий	5,99	8,85				
	Безполицевий поверхневий	5,70	3,52				
НіР ₀₅ , т/га, %		0,49	8,12	0,28	4,69	0,25	4,46
Середнє по обробітку	Полицевий (к)	-				6,28	-
	Безполицевий мілкий					6,21	-0,97
	Безполицевий поверхневий					5,84	-6,88

Урожайність культури також варіювала залежно від року проведення досліджень. Найвища урожайність ячменю ярого була у 2021, 2022 роках. Зокрема, найвищою вона була після сої – 7,9, 7,6 т/га та ріпаку озимого – 7,3, 7,5 т/га, відповідно. Після соняшнику урожайність в ці роки була однаковою і становила 6,7 т/га. За розміщення ячменю ярого після кукурудзи на зерно отримали урожайність культури на рівні 5,6 т/га в 2021 році та 6,0 – 2022. У 2023 та 2024 роках урожайність культури була нижчою за попередні роки. Якщо порівнювати урожайність ячменю ярого із середньою за 4 роки в досліді, то в 2023 році зниження становило від 14,3 до 21,4 % залежно від попередника. Зокрема, після сої в цей рік було отримано 5,9 т/га (– 14,3 %), після ріпаку озимого – 5,3 (– 18,4 %), соняшника – 4,6 (– 21,4 %) та кукурудзи на зерно 4,2 т/га (– 19,8 %). У 2024 році зниження урожайності було менш відчутним і становило від 4,7 до 9,7 %, порівняно з середньою за 4 роки величиною (рис. 6.1).

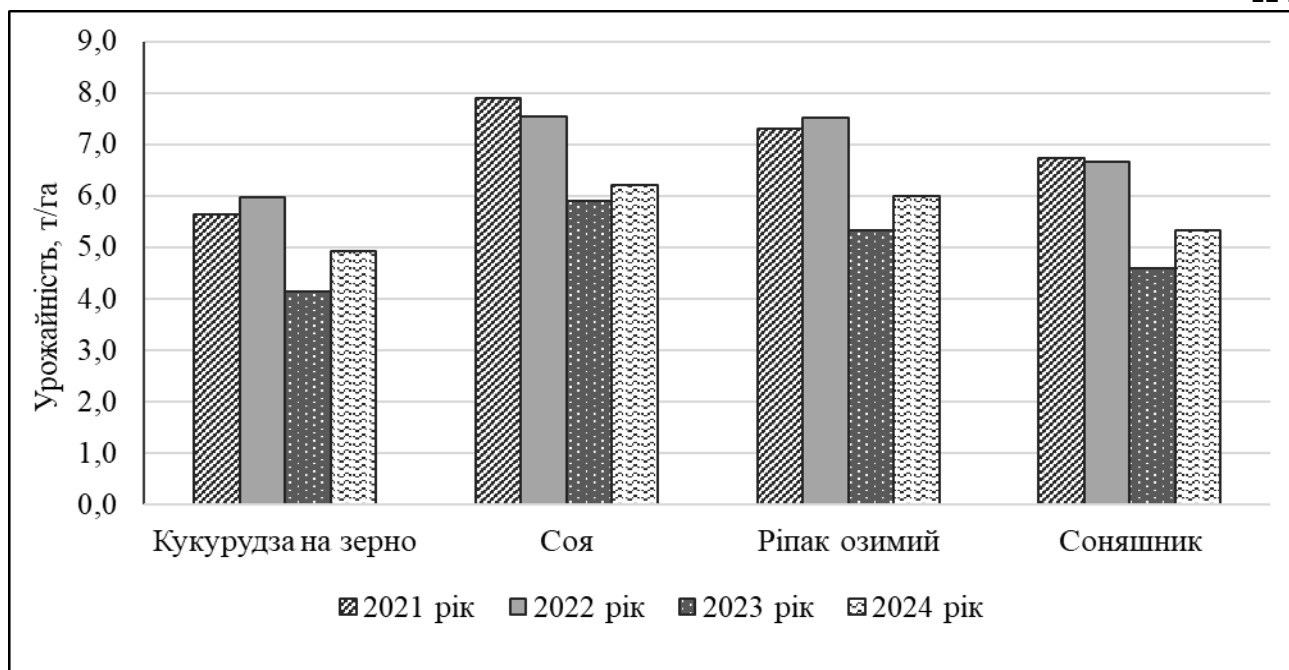


Рис. 6.1. Вплив попередників на урожайність ячменю ярого, т/га

Аналіз усереднених за чотири роки даних по варіантах основного обробітку ґрунту, наведених у таблиці 6.1, вказує на зменшення урожайності ячменю ярого на 6,9 % відносно контролю за використання безполицевого поверхневого обробітку на 6–8 см. Проте, збільшення глибини безполицевого обробітку до 14–16 см у другому варіанті, знизило урожайність культури лише на 0,07 т/га (0,97 %) до 6,21 т/га, що на рівні контролю (оранка на 23–25 см). Отримані нами результати узгоджуються з даними Kyryliuk et al. (2019). Згідно з якими, застосування безполицевих обробітків ґрунту знижувало урожайність зерна ячменю ярого на 0,15–0,46 т/га порівняно з полицевим обробітком (оранка)

Аналізуючи вплив обробітку ґрунту за роками встановлено, що в 2021 р., урожайність за проведення полицевого обробітку (оранки на 23–25 см) становила 7,2 т/га (+ 14,6 %), безполицевого мілкого – 7,1 (14,0 %) та безполицевого поверхневого – 6,4 (9,5 %) т/га. У 2022 ситуація була схожою з попереднім роком, оскільки приріст, порівняно з усередненими чотирирічними даними, за полицевого обробітку становив 14,1 %, безполицевого мілкого – 15,4 та поверхневого – 10,5 % (рис. 6.2).

Наступного – 2023 року урожайність за полицевого варіанту становила 5,1 т/га (– 18,2 %), безполицевого мілкого – 5,0 (– 18,9 %) та поверхневого –

4,8 т/га (– 17,6 %). У 2024 році зниження урожайності порівняно з середніми даними становило, відповідно за обробітками, 10,6, 10,5 та 2,4 %.

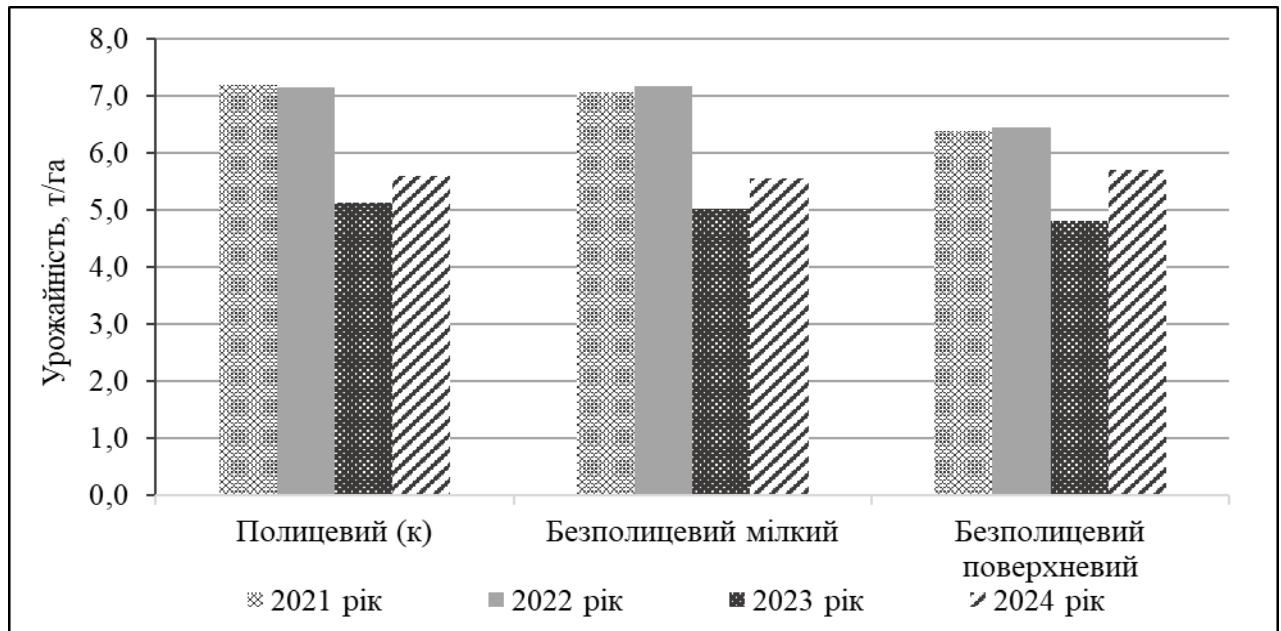


Рис. 6.2. Вплив основного обробітку ґрунту на урожайність ячменю ярого в середньому за роки дослідження

Аналізуючи середній за чотири роки вплив основного обробітку ґрунту під ячмінь ярий після кожного попередника окремо слід відмітити, що найменшу урожайність – 4,8 т/га отримано за розміщення досліджуваної культури після кукурудзи на зерно за поверхневого дискування (– 0,76 т/га). Тоді як, за використання мілкового безполищевого обробітку після цієї ж культури зниження урожайності було не суттєвим і становило лише – 0,23 т/га відносно контролю. Проведення основного мілкового безполищевого обробітку суттєво не знижувало урожайність культури за розміщення її після сої та ріпаку озимого. У разі використання соняшнику як попередника під цю культуру на фоні мілкового безполищевого обробітку, урожайність ячменю ярого була суттєво вищою (+ 0,2 т/га), порівняно з оранкою за цього ж попередника (табл. 6.1).

Для поглибленого аналізу та побудови математичної моделі залежності було зроблено кореляційний та регресійний аналіз отриманих даних (рис. 6.3–6.4).

Кореляційний аналіз досліджуваних показників демонструє силу та напрям взаємозв'язків між різними показниками, що є важливим для розуміння

їх впливу на досліджуваний процес. Величина коефіцієнта кореляції варіюються в межах від $+1$ до -1 , де сила кореляційного зв'язку кількісно виражається величиною коефіцієнта кореляції. Чим ближче r до $+1$ чи -1 , тим тісніший прямолінійний кореляційний зв'язок. При цьому коли $r = 0$ – між x і y немає лінійного зв'язку, за $r < 0,3$ кореляційна залежність між досліджуваними ознаками слабка, якщо $r = 0,3-0,7$ то залежність середня і у варіантах де $r > 0,7$ – сильна. Позитивні значення вказують на прямий зв'язок, а негативні на обернений [240].

Параметри рівняння регресії свідчать про напрям та інтенсивність впливу чинника, а також дозволяють оцінити зміну результативної ознаки при зміні факторної в межах досліджуваного діапазону.

Побудова регресійної прямої залежності урожайності від вмісту агрегатів розміром $0,25-10$ мм у шарі ґрунту $0-30$ см перед сівбою культури показала відсутність чітко вираженої функціональної залежності між досліджуваними показниками. Лінія регресії має незначний від'ємний нахил, що відповідає слабкому оберненому кореляційному зв'язку ($r = -0,2$). Отримані результати свідчать, що варіація вмісту агрономічно цінних агрегатів у передпосівний період не чинить визначального впливу на формування рівня урожайності, а основну роль у цьому процесі відіграють інші досліджувані фактори (рис. 6.3).

Аналіз регресійної залежності урожайності від об'ємної маси ґрунту в шарі $0-30$ см перед сівбою показав наявність помірно вираженої від'ємної тенденції. Регресійна пряма має спадний характер, що узгоджується із середнім оберненим кореляційним зв'язком між досліджуваними показниками ($r = -0,3$). Це свідчить про те, що зі збільшенням об'ємної маси ґрунту спостерігається тенденція до зниження рівня урожайності, однак дана залежність не є визначальною і реалізується на фоні впливу комплексу інших агроекологічних чинників. Один з них – це запаси доступної вологи в метровому шарі ґрунту на період сівби, де побудова регресійної прямої залежності урожайності від цього показника показала наявність вираженої зростаючої тенденції. Позитивний нахил лінії регресії узгоджується із середнім прямим кореляційним зв'язком між досліджуваними показниками ($r = 0,5$), що вказує на зростання рівня урожайності

зі збільшенням запасів води. Наші розрахунки підтверджують важливу роль водного режиму ґрунту не лише на початкових етапах органогенезу у формуванні продуктивності культури а й в період її цвітіння. Позитивний нахил прямої показує середній кореляційний зв'язок ($r = 0,3$) між урожайністю і запасами доступної води в метровому шарі ґрунту в період цвітіння. Отримана залежність підкреслює роль водного режиму в період формування генеративних органів у забезпеченні продуктивності культури (рис. 6.3).

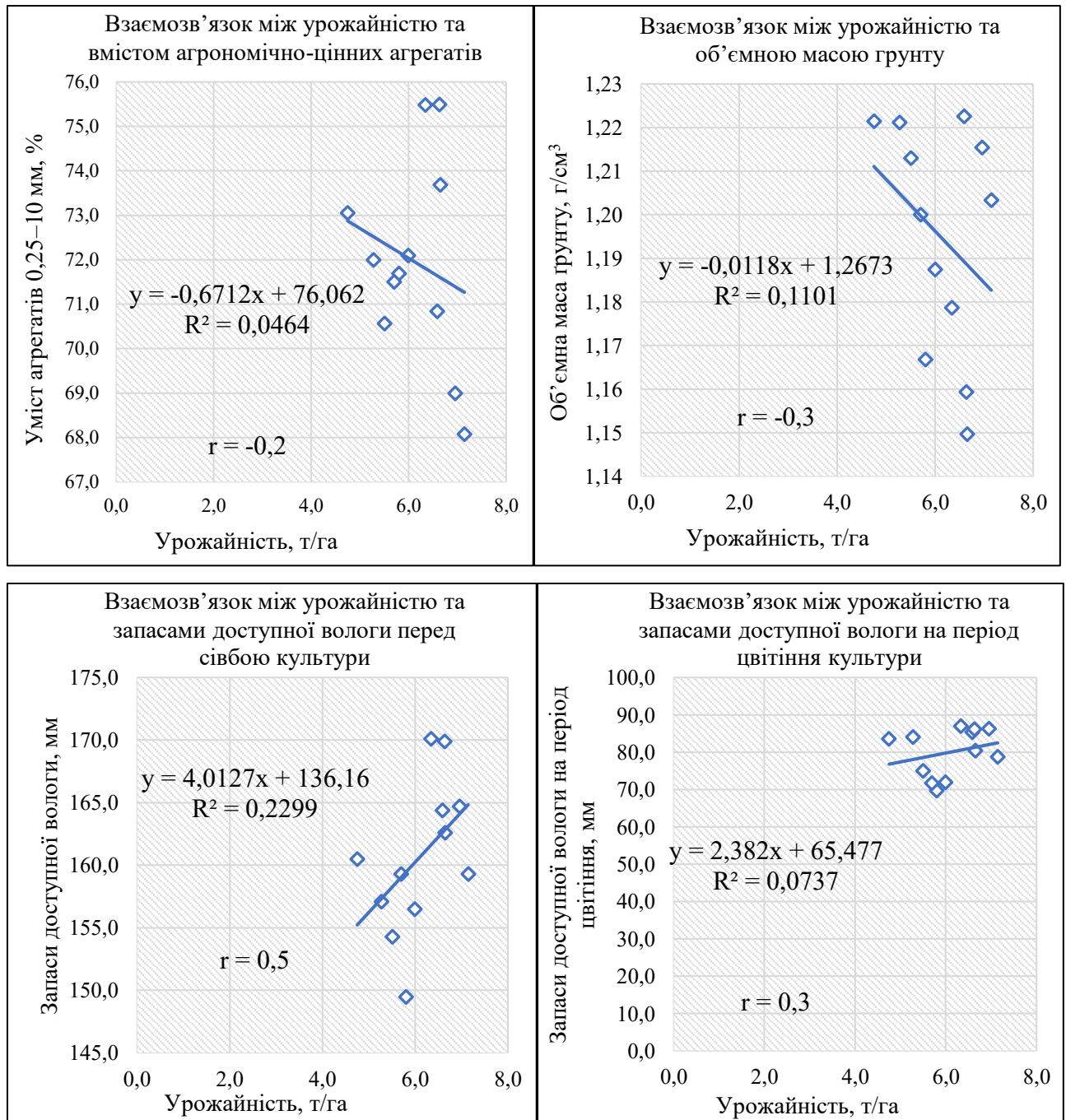


Рис. 6.3. Кореляційні залежності між урожайністю ячменю ярого та досліджуваними показниками

Регресійний аналіз залежності урожайності від вмісту основних елементів живлення в орному шарі ґрунту 0–30 см у період сівби показав різний характер впливу досліджуваних показників. Найбільш вираженою була залежність урожайності від вмісту нітратного азоту, для якої регресійна пряма характеризувалася чітко вираженим зростаючим нахилом, що відповідає тісному прямому кореляційному зв'язку, де $r = 0,9$ (рис 6.4). Наші дослідження підтверджують, що на початкових етапах росту рослин у формуванні продуктивності культури визначальну роль відіграє рівень азотного живлення [184].

У свою чергу участь фосфору у формуванні кореневої системи та енергетичних процесах на ранніх фазах розвитку ячменю ярого також має прямий але помірний позитивний характер, що узгоджується із середнім ($r = 0,6$) прямим кореляційним зв'язком між показниками. Водночас регресійна залежність урожайності від вмісту рухомого калію в шарі ґрунту 0–30 см перед сівбою мала виражений спадний характер. Установлений дуже слабкий кореляційний зв'язок між вмістом калію в ґрунті та врожайністю ($r = 0,07$) свідчить про те, що рівень забезпеченості рослин калієм у досліджуваних умовах не був лімітуючим фактором формування врожаю (рис 6.4).

Ймовірно, вміст доступного калію перебував у межах, достатніх для нормального росту та розвитку культури, тому подальше його зростання не супроводжувалося підвищенням продуктивності. Це підтверджують і інші зарубіжні науковці, що за умов підвищеної забезпеченості ґрунту калієм подальше зростання його вмісту не супроводжується позитивною реакцією культури. Навпаки, зі збільшенням запасів доступного калію спостерігається тенденція до зниження ефективності реалізації врожайного потенціалу, що може бути пов'язано зі зменшенням відносної віддачі від комплексного мінерального живлення. За таких умов внесення калію не підсилює дію інших елементів, а у довготривалій перспективі може виступати чинником, що обмежує рівень урожайності [110].

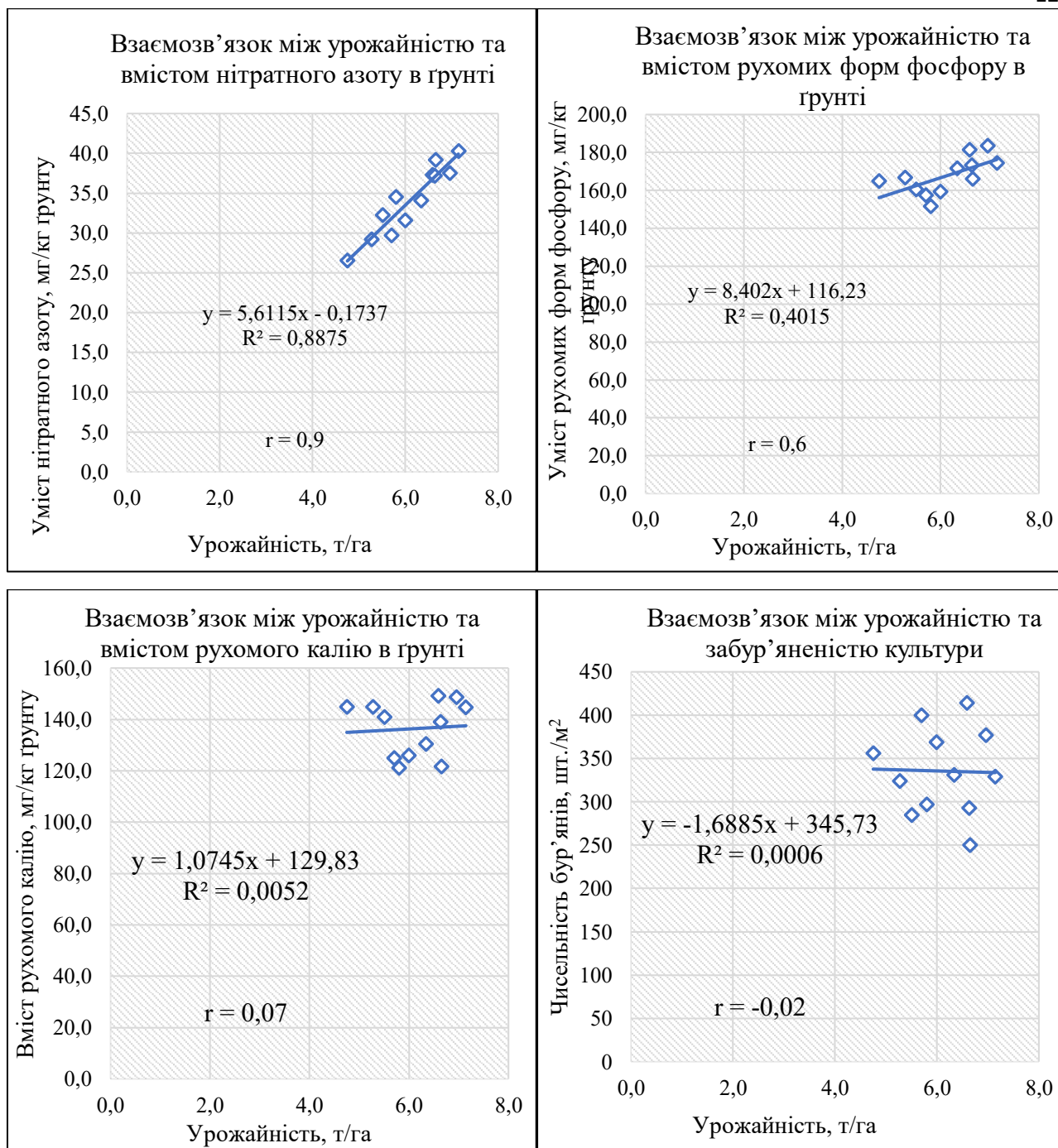


Рис. 6.4. Кореляційні залежності між урожайністю ячменю ярого та досліджуваними показниками

Відсутність вираженої залежності показали такі показники, як урожайність і чисельність бур'янів у період кущення перед внесенням гербіцидів, де значення коефіцієнта кореляції було $r = -0,02$ (рис 6.4). Зображення регресійного аналізу практично відображало горизонтальний характер регресійної прямої і зафіксували величини які не мають лінійного зв'язку між статистичними показниками, що вказує на мінімальний вплив початкової забур'яненості посівів на формування урожайності за умов проведеного дослідження. Відсутність

помітного впливу початкової чисельності бур'янів на рівень урожайності можемо пояснити особливостями формування фітоценозу культури у подальші фази вегетації. Проведення мани своєчасних заходів хімічного захисту забезпечило істотне зниження забур'яненості посівів уже на ранніх етапах росту рослин, унаслідок чого бур'яни не встигли сформувати стабільну конкурентну перевагу. У таких умовах культура реалізовувала свій потенціал розвитку без суттєвих обмежень з боку небажаної рослинності, а короткочасна конкуренція у фазу кущення не мала вирішального значення для подальшого формування елементів урожайності.

6.2. Структура врожаю ячменю ярого залежно від попередників та варіантів основного обробітку ґрунту

Якість зерна ячменю ярого є одним із ключових показників ефективності технології вирощування, оскільки визначає його кормову та технологічну цінність. Формування якісних показників зерна значною мірою зумовлюється агроекологічними умовами вирощування, попередником у сівозміні та системою основного обробітку ґрунту, які впливають на поживний і водний режими, фітосанітарний стан посівів та інтенсивність ростових процесів рослин [5, 124].

Для визначення ефективності досліджуваних факторів та їх взаємодій також було визначено такі показники структури врожаю як число зерен у колосі та маса тисячі зерен. Рівень варіабельності основних елементів структури врожаю ячменю ярого істотно залежав як від біологічних особливостей попередників, так і менш істотно від варіанту основного обробітку ґрунту. Зміни показників за роки дослідження свідчать про чутливість культури до умов живлення, водозабезпечення та агрофізичного стану ґрунту (табл. 6.2).

Число зерен у колосі та маса 1000 зерен характеризувалося помірною варіабельністю залежно від попередника. Найменші показники спостерігалися після кукурудза на зерно (контроль) – 46,6 г. Зерно ячменю ярого, вирощеного після соняшнику мало на 0,3 г більшу масу 1000, що не є істотним відхиленням від контролю ($H_{iP_{05}}(A) = 0,3$ г), проте вказує на тенденцію до підвищення цього показника у цьому варіанті (табл. 6.2).

У свою чергу, збільшення маси 1000 зерен ячменю ярого спостерігається після сої та ріпаку озимого впродовж усіх років проведення досліджень. У результаті, в середньому за 4 роки приріст цього показника після сої був істотно найвищим серед усіх попередників і становив 2,2 г до контролю. Після ріпаку озимого також відмічено достовірно вищий приріст до контролю – 1,7 г, що проте, істотно нижче за сою.

Перевага сої та ріпаку озимого була й за показником кількості зерен у колосі. Надбавка до контролю після сої становила 1,4 шт., а після ріпаку озимого – 0,7 за показника $\text{HiP}_{05}(\text{A}) = 0,2$ шт. Після соняшник та кукурудзи на зерно кількість зерен у колосі була однаковою й становила 16,1 шт. (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Вплив попередників та основного обробітку ґрунту на показники структури урожаю ячменю ярого, у середньому за 2021–2024 рр.

Попередники (А)	Основний обробіток ґрунту (В)	Кількість зерен у колосі, шт.	Маса 1000 зерен, г
Кукурудза на зерно (контроль)	Полицевий (к)	26,6	46,8
	Безполицевий мілкий	25,9	46,3
	Безполицевий поверхневий	25,7	46,7
Соя	Полицевий (к)	27,7	49,1
	Безполицевий мілкий	27,5	48,4
	Безполицевий поверхневий	27,4	49,0
Ріпак озимий	Полицевий (к)	27,0	48,6
	Безполицевий мілкий	26,9	48,5
	Безполицевий поверхневий	26,5	47,8
Соняшник	Полицевий (к)	25,9	46,5
	Безполицевий мілкий	26,4	46,9
	Безполицевий поверхневий	26,0	47,2
HiP₀₅(AB)		0,3	0,6
У середньому за попередниками			
Кукурудза на зерно		26,1	46,6
Соя		27,5	48,8
Ріпак озимий		26,8	48,3
Соняшник		26,1	46,9
HiP₀₅(A)		0,2	0,3
У середньому за варіантами основного обробітку ґрунту			
Полицевий (к)		26,8	47,8
Безполицевий мілкий		26,7	47,5
Безполицевий поверхневий		26,4	47,7
HiP₀₅(B)		0,2	0,4

Отже можна зробити висновок, що за впровадження попередників таких як соя та ріпак озимий відбувалося не тільки збільшення урожайності ячменю ярого, а й його структурних показників.

Вплив обробітку ґрунту на варіабельність числа зерен у колосі та маси їх тисячі був менш вираженим. У цілому, не відмічено суттєвої різниці за цими показниками між безполицевим мілким та контрольним варіантом. Зменшення кількості зерен у колосі та маси їх тисячі за першого варіанту носили тенденційний характер. За безполицевого поверхневого варіанту обробітку ґрунту відмічено достовірне на 0,4 шт. зменшення кількості зерен у колосі за відсутності значного зниження маси їх тисячі, порівняно з контролем (табл. 6.2).

У результаті, поєднання сої як попередника для ячменю ярого з полицевим основним обробітком ґрунту (оранка на 23–25 см) забезпечило отримання врожаю зерна культури з найвищими структурними показниками в досліді – кількістю зерен в колосі – 17,7 шт. та масою 1000 зерен – 49,1 г. Проте, за використання цього ж попередника з безполицевим мілким варіантом основного обробітку ґрунту зниження вищенаведених показників, порівняно з попереднім варіантом було не суттєвим.

Висновки до розділу 6

У результаті проведених досліджень встановлено комплексний вплив попередника та основного обробітку ґрунту на урожайність ячменю ярого та його структурні показники.

За величиною урожайності зерна 7,14 т/га найкращим у досліді було поєднання сої як попередника для ячменю ярого та полицевого основного обробітку ґрунту (оранка на 23–25 см), що в результаті забезпечило найбільший приріст до контролю – 1,63 т/га або 29,74 %. За цього ж поєднання відмічено й найвищі структурні показники урожайності в досліді: кількість зерен в колосі – 17,7 шт. та (+ 1,1 шт.) та маса 1000 зерен – 49,1 г (+ 2,3 г).

Заміна полицевого основного обробітку (оранки на 23–25 см) поверхневим мілким варіантом (дискування на 14–16 см) на фоні цього ж попередника забезпечувало другий за величиною рівень урожайності зерна ячменю ярого в

досліді – 6,96 т/га (+ 1,45 т/га або 26,33 % до контролю). З урахуванням показника $\text{НіР}_{05}(\text{AB}) = 0,49$ т/га або 8,12 %, вказані результати достовірно не відрізняються від попереднього варіанту.

Проведений кореляційно-регресійний аналіз засвідчив, що серед досліджуваних показників прямий тісний кореляційний зв'язок між урожайністю відмічено з вмістом нітратного азоту в ґрунті ($r = 0,9$); прямий середній – з вмістом доступного фосфору ($r = 0,6$), запасами продуктивної вологи на період сівби культури ($r = 0,5$) та її цвітіння ($r = 0,3$); обернений середній з об'ємною масою ґрунту ($r = -0,3$).

Не відмічено істотного кореляційного зв'язку між урожайністю культури та структурою ґрунту, вмістом в ньому рухомого калію та забур'яненістю культури на період проведення протибур'янових заходів.

Результати досліджень з даного розділу опубліковано в наукових працях [262, 263, 264].

РОЗДІЛ 7

ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ПОПЕРЕДНИКІВ ТА ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

7.1. Економічна ефективність вирощування ячменю ярого залежно від попередників та обробітку ґрунту

Економічна ефективність вирощування ячменю ярого є комплексним показником, що відображає співвідношення між величиною отриманої продукцією та витратами ресурсів на її виробництво. В сучасних умовах ведення агробізнесу важливо не лише забезпечити високі показники урожайності, але й оптимізувати структуру витрат шляхом адаптації технологічних прийомів вирощування. Водночас, розширення доступу до сучасних досягнень аграрної науки, використання високопродуктивних сортів і гібридів, а також застосування ефективних засобів захисту та удобрення створюють передумови для отримання високих урожаїв польових культур, рівень яких наближається до їх біологічного потенціалу. За обмеженості земельних ресурсів, придатних для ведення сільськогосподарського виробництва, особливої актуальності набуває завдання підвищення економічної ефективності вирощування культур. Досягнення цього можливе шляхом раціонального удосконалення існуючих технологічних рішень або впровадження нових, більш ресурсозберігаючих елементів технології [69, 102].

До ключових факторів, що формують економічну ефективність ячменю ярого у наших дослідженнях, відносяться попередники у сівозміні, система основного обробітку ґрунту та взаємодія цих елементів..

Досліджувані роки істотно різнилися за рівнем витрат, урожайністю культури та економічними показниками її вирощування, що відмічено в таблиці 7.1. Зокрема, в 2021 році вирощування ячменю ярого відбувалося в умовах відносно стабільної економічної ситуації та помірного рівня цін на основні ресурси (дод. Л). Це дало змогу об'єктивно оцінити вплив попередників і обробітку ґрунту без суттєвого впливу зовнішніх економічних чинників.

У 2022 році економічна ефективність вирощування ячменю ярого формувалася в умовах суттєвого зростання цін на матеріально-технічні ресурси, зокрема мінеральні добрива та паливно-мастильні матеріали через повномасштабне вторгнення російської федерації на територію України (дод. Л 1). В умовах суттєвих коливань цін ячмінь ярий значно зросла роль попередників і варіантів обробітку ґрунту як факторів оптимізації витрат.

Таблиця 7.1

Рентабельність вирощування ячменю ярого залежно від досліджуваних факторів, %

Попередник (А)	Основний обробітку ґрунту (В)	Рентабельність, %				
		2021	2022	2023	2024	Середнє
Кукурудза на зерно (к)	Полицевий (к)	131,0	-25,8	12,7	55,0	43,2
	Безполицевий мілкий	139,0	-27,2	9,7	65,1	46,7
	Безполицевий поверхневий	90,9	-40,5	14,9	88,6	38,5
Соя	Полицевий (к)	244,7	-4,6	80,1	144,3	116,1
	Безполицевий мілкий	272,8	-2,6	78,0	135,6	121,0
	Безполицевий поверхневий	243,0	-10,8	72,8	143,4	112,1
Ріпак озимий	Полицевий (к)	202,6	-6,9	63,6	113,6	93,2
	Безполицевий мілкий	237,8	-4,9	60,7	129,7	105,8
	Безполицевий поверхневий	230,2	-6,3	54,7	130,3	102,2
Соняшник	Полицевий (к)	163,9	-23,1	28,5	67,6	59,2
	Безполицевий мілкий	172,2	-17,7	37,9	85,2	69,4
	Безполицевий поверхневий	165,9	-23,4	22,6	114,6	69,9
HiP₀₅(AB)		21,8	5,5	15,1	22,5	16,2
У середньому за попередниками						
Кукурудза на зерно		120,3	-31,2	12,4	69,5	42,8
Соя		253,5	-6,0	76,9	141,1	116,4
Ріпак озимий		223,5	-6,0	59,7	124,5	100,4
Соняшник		167,4	-21,4	29,7	89,2	66,2
HiP₀₅(A)		10,9	2,7	7,6	11,3	8,1
У середньому за варіантами основного обробітку ґрунту						
Полицевий (к)		185,5	-15,1	46,2	95,1	77,9
Безполицевий мілкий		205,4	-13,1	46,6	103,9	85,7
Безполицевий поверхневий		182,5	-20,2	41,2	119,2	80,7
HiP₀₅(B)		12,6	3,2	8,7	13,0	9,4

У 2023 році простежувалася тенденція до часткової стабілізації витрат та адаптації агровиробників до нових економічних умов (дод. Л 2). Це відобразилося і на показниках економічної ефективності вирощування ячменю ярого. У 2024 році економічна ефективність вирощування ячменю ярого

визначалася поєднанням стабілізованих, але все ще підвищених витрат і необхідності оптимізації технологій вирощування (дод. Л 3).

Таким чином, усереднені за 4 роки дані вказують, що найкращим попередником ячменю ярого була соя, після якої формувалася вища продуктивність культури, що забезпечувало зростання валового доходу за відносно сталого рівня виробничих витрат. Оцінка економічної ефективності вказує, що вирощування ячменю ярого після цієї культури було з показником рентабельності 116,4 %. Після ріпаку озимого рентабельність становила 100,4 %, що достовірно переважало контроль, але поступалося сої. Після соняшника середня рентабельність вирощування культури становила 66,2 %, що суттєво поступалося сої та ріпаку озимому, проте переважало контрольний варіант – кукурудзу на зерно, за якого рентабельність становила 42,8 %. Кращі попередники забезпечували формування вищої врожайності та підвищення рівня рентабельності за рахунок ефективнішого використання ґрунтової вологи й елементів живлення (табл. 7.1).

Мінімалізація обробітку ґрунту сприяла скороченню витрат на ПММ, що було особливо важливо в умовах подорожчання енергоресурсів. Водночас у деяких варіантах відмічалася певне зниження урожайності, що частково нівелювало економічний ефект. За безполицевого мілкого та поверхневого обробітків ґрунту відмічалася зменшення виробничих витрат на 1 га, що сприяло зростанню умовно чистого доходу навіть за помірних показників урожайності. Контрольний полицевий варіант обробіток ґрунту характеризувався дещо вищими витратами на паливно-мастильні матеріали та амортизацію техніки, однак забезпечував стабільні показники врожайності. У варіантах із мінімізованим обробітком спостерігалася зниження витрат на виконання технологічних операцій, що позитивно впливало на рівень умовно чистого доходу за достатнього агрофону.

У результаті, рівень рентабельності за безполицевого мілкого обробітку був найвищим і становив у середньому 85,7 %, що на 7,8 в. п. краще контролю, проте в межах найменшої істотної різниці. За безполицевого поверхневого обробітку рентабельність становила 80,7 %, що несуттєво більше контролю.

Найкращим поєднанням досліджуваних факторів був варіант із використанням сої як попередника з безполицевим мілким основним обробітком ґрунту, що дозволило виростити зерно ячменю ярого з найвищою за 4 роки рентабельністю в досліді – 121,0 %.

7.2. Енергетична ефективність вирощування ячменю ярого залежно від попередників та обробітку ґрунту

Енергетична оцінка технологій вирощування ячменю ярого є важливим елементом обґрунтування їх доцільності, оскільки дозволяє встановити співвідношення між витратами енергії та її виходом з урожаєм. У сучасних умовах ведення землеробства зростає значення енергоощадних заходів, що зумовлює необхідність пошуку оптимальних поєднань попередників та систем основного обробітку ґрунту [252].

Основними складовими прямих витрат енергії при вирощуванні ячменю ярого є витрати на паливе та використання основних засобів. Найбільшу частку в структурі енергетичних витрат займає дизельне паливо, витрати якого змінюються залежно від інтенсивності та глибини обробітку ґрунту. Зокрема, застосування полицевого обробітку супроводжується вищими витратами пального порівняно з безполицевими варіантами, що зумовлено більшим тяговим опором і кількістю технологічних операцій.

Енергія, акумульована в урожаї ячменю ярого, визначається рівнем урожайності та енергетичною цінністю продукції. Встановлено, що зі зростанням урожайності пропорційно збільшується вихід енергії з одиниці площі. Отже, за чотирьохрічними результатами досліджень вміст енергії в урожаї ячменю ярого найбільший був за попередника сої 113,4 тис. МДж/га та переважав контроль (кукурудзу на зерно) на 27,2 тис. МДж/га. Після ріпаку озимого та соняшнику енергії в урожаї ячменю ярого було 107,6 та 95,9 тис. МДж/га, що більше контролю на, відповідно 22,4 та 10,7 тис. МДж/га (табл. 7.2).

Серед варіантів основного обробітків ґрунту найвищий вміст енергії в урожаї ячменю ярого був за полицевого та безполицевого мілкового – 103,2 та

102,2 тис. МДж/га. Застосування безполицевого поверхневого обробітку призвело до зменшення акумульованої енергії до 96,1 тис. МДж/га.

При цьому, найвищі показники енергії врожаю формуються за умов оптимального поєднання попередника та системи обробітку ґрунту, які забезпечують сприятливі умови для росту і розвитку рослин. Таким чином, за поєднання попередника сої та полицевого основного обробітку ґрунту відмічалось найвищі показники 117,5 тис. МДж/га, а за поєднання кукурудзи на зерно та безполицевого поверхневого обробітку ґрунту відмічено найнижчий вміст енергії в урожаї ячменю ярого 78,1 тис. МДж/га (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Енергетична оцінка вирощування ячменю ярого залежно від попередників та основного обробітку ґрунту, в середньому за 2021–2024 рр.

Попередник (А)	Основний обробітку ґрунту (В)	Урожайність, т/га	Енергія в урожаї 1 га, тис. МДж	Прямі витрати енергії на 1 га, тис. МДж	Коефіцієнти	
					Енергетичної ефективності, К _{еє}	Енергетичної доцільності, ± тис. МДж
Кукурудза на зерно	Пол. (к)	5,5	90,6	26,1	3,5	64,5
	Б. м.	5,3	86,8	25,5	3,4	61,3
	Б. п.	4,8	78,1	25,0	3,1	53,2
Соя	Пол. (к)	7,1	117,5	25,4	4,6	92,1
	Б. м.	7,0	114,4	24,9	4,6	89,6
	Б. п.	6,6	108,3	24,5	4,4	83,9
Ріпак озимий	Пол. (к)	6,7	109,4	25,7	4,3	83,7
	Б. м.	6,6	109,1	25,1	4,3	84,0
	Б. п.	6,3	104,3	24,6	4,2	79,6
Соняшник	Пол. (к)	5,8	95,4	26,1	3,7	69,4
	Б. м.	6,0	98,6	25,5	3,9	73,1
	Б. п.	5,7	93,8	24,8	3,8	69,0
НіР₀₅(АВ)		-	-	-	0,2	4,9
Кукурудза на зерно		5,2	85,2	25,5	3,3	59,7
Соя		6,9	113,4	24,9	4,5	88,5
Ріпак озимий		6,5	107,6	25,1	4,3	82,4
Соняшник		5,8	95,9	25,5	3,8	70,5
НіР₀₅(А)		-	-	-	0,1	2,4
Пол. (к)		6,3	103,2	25,8	4,0	77,4
Б. м.		6,2	102,2	25,2	4,1	77,0
Б. п.		5,8	96,1	24,7	3,9	71,4
НіР₀₅(В)		-	-	-	0,1	2,8

Проте, Важливим показником є також енергетична окупність, яка відображає кількість енергії врожаю, отриманої на одиницю витраченої енергії.

При цьому, використання різних попередників також впливало на рівень енергетичних витрат. Після кукурудзи на зерно, ріпаку озимого та соняшнику, які залишають значну кількість рослинних решток, зростає потреба у додаткових обробітках ґрунту або підвищуються витрати енергії на їх подрібнення та загортання. Відповідно найбільші прямі витрати енергії на 1 га за цих попередників становили – 25,5, 25,1 та 25,5 тис. МДж. Водночас після сої енергетичні витрати були найменшими і становили 24,9 тис. МДж/га.

Найбільші витрати енергії на 1 га спостерігалися за полицевого обробітку ґрунту – 25,8 тис. МДж/га, що пов'язано з більшою глибиною розпушування, підвищеним тяговим опором та збільшенням витрат пального під час виконання технологічних операцій. Водночас, за безполицевого поверхневого обробітку рівень витрат був найнижчим – 24,7 МДж/га, що зумовлено меншою енергоємністю виконуваних робіт.

У варіанти поєднань попередників кукурудзи на зерно та соняшнику з полицевим основним обробітком ґрунту відмічаються найбільші витрати енергії – 26,1 тис. МДж/га (табл. 7.2).

Оцінка співвідношення між витратами енергії та її виходом з урожаєм дає змогу визначити рівень енергетичної ефективності технології. За нашими даними встановлено, що достовірно найвищий коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee}) отримано за вирощування ячменю ярого після сої – 4,5. Даний показник суттєво переважав контроль на 1,2 пункти. Використання ріпаку озимого зменшувало коефіцієнт енергетичної ефективності до 4,3, що на 0,2 пункти менше за сою, проте суттєво краще контролю. Після соняшника коефіцієнт енергетичної ефективності вирощування ячменю ярого становив 3,8, що на 0,5 пункти переважало контроль, проте поступалося сої та ріпаку озимому.

Встановлено, що менш енергоємні варіанти основного обробітку ґрунту, зокрема безполицевий мілкий, формують вищий коефіцієнт ефективності ($K_{ee} = 4,1$) завдяки скороченню енерговитрат за умови збереження або незначного зниження врожайності. Цей показник істотно переважає контроль (полицевий обробіток ґрунту), який потребує більших енергетичних витрат, при цьому за рахунок вищого рівня врожайності забезпечує і вищий коефіцієнт енергетичної

ефективності, де ($K_{ee} = 4,0$). Найнижчий показник відмічено за проведення безполицевого поверхневого обробітку ґрунту – $K_{ee} = 3,9$, що проте суттєво не поступалося контрольному варіанту.

У підсумку, використання сої як попередника на фоні безполицевого мілкого основного обробітку ґрунту забезпечувало вирощування ячменю ярого за коефіцієнта енергетичної ефективності 4,6, що на рівні цього ж попередника на фоні полицевого обробітку. Таким чином, енергетична ефективність вирощування ячменю ярого значною мірою залежить від вибору попередника та системи основного обробітку ґрунту. Оптимізація цих елементів технології дозволяє знизити енергетичні витрати, підвищити вихід енергії з урожаєм і забезпечити більш раціональне використання ресурсів, що є важливим чинником сталого ведення землеробства.

Показник енергетичної доцільності, виражений у тис. МДж/га, характеризує різницю між енергією, накопиченою в урожаї, та сумарними витратами енергії на його формування. Додатні значення цього показника свідчать про переважання енергетичного виходу над витратами, що вказує на доцільність застосування відповідного елемента технології, тоді як від'ємні – про її енергетичну неефективність.

Висновки до розділу 7

У результаті чотирирічних досліджень встановлено, що найбільш вигідним поєднанням досліджуваних факторів з точки зору фінансових та енергетичних затрат є використання сої як попередника та безполицевого мілкого основного обробітку ґрунту (дискування на 14–16 см), що забезпечило найвищу рентабельність вирощування ячменю ярого в досліді – 121,0 % та коефіцієнт енергетичної ефективності $K_{ee} = 4,6$.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі викладено результати, проведених впродовж 2021 – 2024 рр. досліджень, щодо експериментального обґрунтування оптимального варіанту основного обробітку ґрунту під ячмінь ярий за різних попередників та встановлення закономірностей їх впливу на окремі параметри родючості чорнозему типового середньо-суглинкового і формування економічно й енергетично обґрунтованої урожайності культури. Вищенаведене стало підставою для наступних висновків:

1. Оцінка погодних умов років проведення досліджень за показником ГТК вказує на суттєві відхилення деяких періодів від багаторічної норми. Відмічено, що вегетаційні періоди досліджуваних років характеризувалися нестійким зволоженням і частим проявом посушливих умов, що могло істотно впливати на ріст і формування врожайності ячменю ярого.

2. Запаси доступної вологи в метровому шарі ґрунту значною мірою залежали від умов осінньо-зимового періоду. Встановлено тісний прямий зв'язок між кількістю опадів і рівнем зволоження ґрунту ($r = 0,92$), що визначало початкові умови росту та розвитку ячменю ярого.

3. За розміщення ячменю ярого після сої та ріпаку озимого створювалися найкращі умови для накопичення та збереження ґрунтової вологи. А найефективнішими варіантами основного обробітку ґрунту були безполицевий мілкий та безполицевий поверхневий. У результаті, використання ріпаку озимого як попередника для ячменю ярого в поєднанні з поверхневим безполицевим варіантом обробітку ґрунту, забезпечувало найвищі запаси продуктивної вологи в метровій товщі ґрунту на період сівби культури за чотири роки досліджень – 170,1 мм (+ 7,5 мм до контролю).

4. Установлено, що найекономніше витрачав вологу на формування урожаю ячмінь ярий, вирощений за поєднання сої як попередника на фоні полицевого обробітку ґрунту (оранка на 23–25 см), що забезпечує коефіцієнт водоспоживання культури на рівні 280,6 м³/т.

5. Найкращим поєднанням факторів за впливом на будову ґрунту та вміст агрономічно-цінних повітряно-сухих і водотривких структурних агрегатів

отримано після ріпаку озимого на фоні безполицевого мілкого й поверхневого варіантів основного обробітку.

6. Проведення безполицевих варіантів обробітку ґрунту на меншу глибину, порівняно з оранкою після всіх досліджуваних попередників у цілому призводило до збільшення об'ємної маси ґрунту, проте, її показники не перевищували межі оптимальних параметрів для культури.

7. Найвищий вміст нітратного азоту та доступних форм фосфору і калію як на початку, так і впродовж вегетації культури відмічено після сої. Зокрема, за вмістом нітратного азоту на період сівби ячменю ярого перевага над контролем становила 11,9 мг/кг у 0–10 см товщі, 7,5 – 10–20 та 7,7 мг/кг у шарі 20–30 см. За вмістом доступних сполук фосфору надбавка по цим же шарам становила 16,7, 15,8 та 14,7 мг/кг ґрунту, а калію – 2,5, 5,0 та 4,3 мг/кг ґрунту.

8. Серед варіантів основного обробітку ґрунту найвищий рівень нітратного азоту в ґрунті відмічено на контрольному варіанті. Зокрема, на період сівби ячменю ярого відмічено 55,4 мг/кг ґрунту NO_3 у шарі 0–10 см, 37,3 – 10–20 та 17,8 мг/кг ґрунту в 20–30 см товщі. Безполицеві варіанти продемонстрували достовірне зниження вмісту цього елементу на 3,3–6,8 мг/кг ґрунту, порівняно з контролем. Упродовж вегетації культури та на період її збирання відмічено аналогічні тенденції розподілу нітратів у ґрунті залежно від його обробітку.

9. За проведення безполицевих обробітків відмічено істотно більший вміст в ґрунті доступного фосфору та калію до контролю. Так, у варіанті з безполицевим мілким обробітком у 0–10 см шарі ґрунту на період сівби культури вміст фосфору показував приріст до контролю в 11,1 мг/кг, а безполицевим поверхневим – 9,1 мг/кг. За вмістом доступного калію у верхньому 0–10 см шарі перевага безполицевого мілкого варіанту над оранкою становила 12,5 мг/кг ґрунту, а безполицевого поверхневого – 13,6. Достовірною була надбавка цих варіантів і в глибших досліджуваних шарах ґрунту.

10. Серед поєднань досліджуваних факторів достовірно переважали решту: за вмістом нітратного азоту – попередник соя в комплексі з полицевим обробітком; за вмістом доступних форм фосфору та калію – соя з безполицевим мілким.

11. Найбільші запаси насіння бур'янів у ґрунті спостерігалися за розміщення ячменю ярого після сої у комплексі з безполицевим поверхневим обробітком – від 158 млн шт./га у верхньому (0–10 см) шарі до 61 млн шт./га у нижньому (20–30 см). Найменше насіння було після ріпаку озимого з полицевим обробітком – від 62 до 34 млн шт./га. Це поєднання є найбільш оптимальним для контролю забур'яненості ґрунту.

Найкращий протибур'яновий ефект спостерігався після ріпаку озимого з полицевим обробітком ґрунту, що забезпечило найнижчі показники забур'яненості: перед внесенням гербіцидів – 250 шт./м², на час збирання – 15 шт., з них 5 репродуктивних, а сира маса бур'янів становила 23,5 г/м². Контроль бур'янів та конкурентна здатність культури значно знижували їх чисельність, проте загальні тенденції впливу попередника та обробітку ґрунту залишалися стабільними.

12. Встановлено, що найвищу урожайність зерна ячменю ярого – 7,14 т/га отримано після сої на фоні полицевого основного обробітку ґрунту (+ 29,7 % до контролю). Використання поверхневого мілкового обробітку після того ж попередника забезпечило другий за величиною рівень урожайності – 6,96 т/га (+ 26,3 %), який достовірно не відрізнявся від вищевказаного варіанту за показником NiP_{05} .

13. Проведений кореляційний та регресійний аналіз вказує на слабкий зв'язок між урожайністю ячменю ярого та вмістом агрономічно-цінних структурних агрегатів ($r = -0,2$), вмістом рухомого калію ($r = 0,07$) та актуальною забур'яненістю культури ($r = -0,02$). Зв'язок середньої сили відмічено між урожайністю та об'ємною масою ґрунту ($r = -0,3$), запасами доступної вологи на період сівби ($r = 0,5$) та цвітіння культури ($r = 0,3$), вмістом рухомого фосфору ($r = 0,6$). Найтісніший зв'язок спостерігається для нітратного азоту – чітка пряма залежність ($r = 0,9$).

14. Найвигіднішим поєднанням досліджуваних факторів з точки зору фінансових та енергетичних затрат є використання сої як попередника та безполицевого мілкового основного обробітку ґрунту (дискування на 14–16 см), що забезпечило найвищу рентабельність вирощування ячменю ярого в досліді – 121,0 % та коефіцієнт енергетичної ефективності $K_{ee} = 4,6$.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Правобережного Лісостепу України на чорноземах типових середньо-суглинкових для отримання адекватної ресурсному потенціалу ґрунтово-кліматичної зони, економічно та енергетично доцільної урожайності ячменю ярого рекомендуємо:

- використовувати як попередник для культури – сою;
- основний обробіток проводити безполицевим способом дисковими боронами на глибину 14–16 см.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Advancement in mitigating the effects of waterlogging stress in wheat / B. Pramanick et al. *Abiotic Stresses in Wheat*. 2023. P. 339–355. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-95368-9.00013-8>
2. Agroeconomic efficiency of spring barley cultivation on highly cultivated sod-podzolic light loamy soil / V. Lapa et al. *Soil Science and Agrochemistry*. 2016. Vol. 2 (57). P. 68–77.
3. Assessing the potential of cereal production systems to adapt to contrasting weather conditions in the Mediterranean region / M. T. Abi Saab et al. *Agronomy*. 2019. Vol. 9, Art. 393. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy9070393>
4. Barakina E. E., Barakin N. S. Changes in the agrophysical properties of the chernozem leached with the use of defecate and fertilizers for the cultivation of winter wheat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 666, No. 3. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/666/3/032010>
5. Barmeier G., Hofer K., Schmidhalter U. Mid-season prediction of grain yield and protein content of spring barley cultivars using high-throughput spectral sensing. *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 90. P. 108–116. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.07.005>
6. Baskin C. C., Baskin J. M. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Elsevier Science & Technology Books, 2014. 1600 p.
7. Baskin C. C., Baskin J. M. The natural history of soil seed banks of arable land. *Weed Science*. 2006. Vol. 54, No. 3. P. 549–557. URL: <https://doi.org/10.1614/WS-05-034R.1>
8. Batlla D., Benech-Arnold R. L. Predicting changes in dormancy level in weed seed soil banks: implications for weed management. *Crop Protection*. 2007. Vol. 26, No. 3. P. 189–197. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.07.014>
9. Below-ground physiological processes enhancing phosphorus acquisition in plants / K. Vengavasi et al. *Plant Physiology Reports*. 2021. Vol. 26. P. 600–613. URL: <https://doi.org/10.1007/s40502-021-00627-8>

10. Bhattacharya A. Changing environmental condition and phosphorus-use efficiency in plants. *Changing Climate and Resource Use Efficiency in Plants*. 2019. P. 241–305. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816209-5.00005-2>
11. Bilovus G. Evaluation of winter barley varieties for yield productivity and resistance against infecting agents of leaf diseases. *Bulletin of Agricultural Science*. 2022. Vol. 100, No. 3. P. 20–27. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-03>
12. Blanco-Canqui H., Lal R. No-tillage and soil-profile carbon sequestration: An on-farm assessment. *Soil Science Society of America Journal*. 2008. Vol. 72, № 3. P. 693–701. URL: <https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0233>
13. Changes in belowground biomass dominate soil phosphorus availability in grazed grasslands / S. Li et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2025. Vol. 394. 109893. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109893>
14. Changes in phosphorus fractions in response to long-term nitrogen fertilization in loess plateau of China / M. Mahmood et al. *Field Crops Research*. 2021. Vol. 270. 108207. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108207>
15. Changes in the weed communities as affected by different primary soil tillage and deep loosening / R. Skuodienė et al. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B – Soil & Plant Science*. 2018. Vol. 68, No. 7. P. 643–648. URL: <https://doi.org/10.1080/09064710.2018.1455219>
16. Chen Z., Leffler A. J. Soil basal respiration and nitrogen mineralization from C3 and C4 grass dominated plant communities respond differently to temperature and soil water variation. *Journal of Arid Environments*. 2024. Vol. 224. P. 105235. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2024.105235>
17. Chumbey V. The impact of soil tillage on nitrate content for cultivation of buckwheat in the Carpathian region of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*. 2020. № 111. P. 158–165. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.22>
18. Clover cover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley – effect of N dose and companion grass / G. Bergkvist et al. *Field Crops Research*. 2010. Vol. 120, No. 2. P. 292–298. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.11.001>

19. Combining rotary and deep tillage increases crop yields by improving the soil physical structure and accumulating organic carbon of subsoil / J. Li et al. *Soil and Tillage Research*. 2024. Vol. 244. P. 106252. URL: <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106252>

20. Comparing mechanization systems for regression model based crop production under different tillage systems / A. Keikha et al. *Results in Engineering*. 2025. Vol. 25. Art. 104056. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104056>

21. Contribution of interspecific interactions and phosphorus application to sustainable and productive intercropping systems / H. Xia et al. *Field Crops Research*. 2013. Vol. 154. P. 53–64. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.07.011>

22. Crop yield anomaly forecasting in the Pannonian basin using gradient boosting and its performance in years of severe drought / E. Bueechi et al. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2023. Vol. 340. Art. 109596. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109596>

23. Czyż E. A. Effects of traffic on soil aeration, bulk density and growth of spring barley. *Soil and Tillage Research*. 2004. Vol. 79, Iss. 2. P. 153–166. URL: <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.07.004>

24. De Castro S. Q., Schjoerring J. K., Sparks D. L. Foliar nitrogen and phosphorus fertilization. *Advances in Agronomy*. 2024. Vol. 185. P. 109–169. URL: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2024.05.002>

25. Dehtiarova Z. Nutrient regime of the soil depending on the share of sunflower in short-rotational crop. *Ukrainian black sea region agrarian science*. 2023. Vol. 27, no. 2. URL: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/2.2023.87>.

26. Demydenko O. V., Velychko V. A. Moisturization regime and implementation of chernozem agropotential under climate changes in the central Forest-Steppe. *Agricultural Science and Practice*. 2025. Vol. 12, no. 2. P. 66–97. URL: <https://doi.org/10.15407/agrisp12.02.066>

27. Diagnostics of the N:P ratio in the arable soils of the Left-Bank Forest Steppe of Ukraine / M. Miroshnychenko. *Bulletin of Agricultural Science*. 2023. Vol. 101, № 9. P. 5–13. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202309-01>

28. Dragomir N., Cristea C., Dragomir C. Study of Potential and Real Seed Producing Capacity in Some Romanian Varieties of Legumes and Perennial Gramineae. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. 2010. Vol. 43, No. 2. P. 148–150.

29. Drought effects on winter wheat trait space are independent of land use / S. Zheng et al. *New Phytologist*. 2024. Advance online publication. URL: <https://doi.org/10.1111/nph.19851>

30. Dual-purpose cereals offer increased productivity across diverse regions of Australia's high rainfall zone / S. Sprague et al. *Field Crops Research*. 2018. Vol. 227. P. 119–131. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.08.008>

31. Duchene O., Vian J., Celette F. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms: a review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. Vol. 240. P. 148–161. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.019>

32. Economics of crop diversification and soil tillage opportunities in the Canadian Prairies / R. P. Zentner et al. *Agronomy Journal*. 2002. Vol. 94, no. 2. P. 216–230. URL: <https://doi.org/10.2134/agronj2002.2160>

33. Economics of crop diversification and soil tillage opportunities in the Canadian prairies / R. P. Zentner et al. *Agronomy Journal*. 2002. Vol. 94, No. 2. P. 216–230. URL: <https://doi.org/10.2134/agronj2002.2160>

34. Economics of crop diversification and soil tillage opportunities in the Canadian Prairies / R. P. Zentner et al. *Agriculture and Agri-Food Canada*, 2002. URL: <https://www.researchgate.net/publication/237470900>

35. Effect of climate change on the yield of cereal crops: a review / J. Wang et al. *Climate*. 2018. Vol. 6, № 2. Art. 41. URL: <https://doi.org/10.3390/cli6020041>

36. Effect of integrated plant nutrient management on indicators related to yield and productivity of spring barley under drought conditions in Ukraine / Ye. Hladkikh et al. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 2022. Vol. 75, No. 2. P. 1–10. URL: <https://doi.org/10.15446/rfnam.v75n2.97384>

37. Effect of Moisture and Soil Compaction on Tillage Operations / E. López Bravo et al. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 2016. Vol. 25, No. 1. P. 32–37.

38. Effect of nitrogen fertilization on spring barley (*Hordeum vulgare* L.) yield and soil chemical properties in long-term field experiments / L. Hlisnikovský et al. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, No. 9. Art. 1843. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy11091843>

39. Effect of soil fertility level on growth of cover crop mixtures and residual fertilizing value for spring barley / V. Hansen et al. *European Journal of Agronomy*. 2023. Vol. 145. Art. 126796. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126796>

40. Effects of green manure herbage management and its digestate from biogas production on barley yield, N recovery, soil structure and earthworm populations / R. B. Frøseth et al. *European Journal of Agronomy*. 2013. Vol. 52. P. 90–102. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.006>

41. Effects of sunflower on soil quality indicators and subsequent wheat yield / R. A. Bowman et al. *Soil Science*. 2000. Vol. 165, No. 6. P. 516–522. URL: <https://doi.org/10.1097/00010694-200006000-00007>

42. Effects of tillage on the root length and depth distribution of stubble cover crops / P. Svoboda et al. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-24494-7>.

43. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil / R. L. Benech-Arnold et al. *Field Crops Research*. 2000. Vol. 67, No. 2. P. 105–122. URL: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00087-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00087-3)

44. FAO. FAOSTAT: Crops and livestock products. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. 2023. URL: <https://www.fao.org/faostat/>

45. Formation of a weed seed bank in the soil under various anthropogenic load / O. Vavrynovych et al. *Foothill and mountain agriculture and stockbreeding*. 2024. T. 76, № 2. URL: [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-2-4](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-2-4)

46. Fuentes-Llanillo R., Guimaraes M. D., Tavares J. Morphology and physical properties of soil according to tillage systems in annual crops. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2013. № 17 (5). P. 524–530.

47. Gamayunova V. V., Panfilova A. V. Water regime of the soil on spring barley (*Hordeum vulgare* L.) crops in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

Irrigated Agriculture. 2019. No. 71. P. 31–36. URL: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2019.71.7>.

48. Genome-wide association study and transcriptome sequencing to identify candidate genes for waterlogging tolerance during germination in barley (*Hordeum vulgare* L.) / H. Luan et al. *Environmental and Experimental Botany*. 2024. Vol. 226, Article 105901. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2024.105901>

49. Global barley market to grow at 1.5% CAGR, reaching \$63.5B by 2035. *IndexBox*. URL: https://www.indexbox.io/blog/barley-world-market-overview-2024-1/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення 23.02.2025).

50. Global food security threatened by potassium neglect / W. J. Brownlie et al. *Nature Food*. 2024. URL: <https://doi.org/10.1038/s43016-024-00929-8>

51. Global significance of barley and challenges to further improvement / H. Verstegen et al. *Biotechnology in Agriculture and Forestry: Agriculture*. 2014. Vol. 69. P. 3–19. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-662-44406-1_1

52. Government of Saskatchewan. Soil improvements with legumes. URL: <https://www.saskatchewan.ca/business/agriculture-natural-resources-and-industry/agribusiness-farmers-and-ranchers/crops-and-irrigation/soils-fertility-and-nutrients/soil-improvements-with-legumes>

53. Gulya T. J., Markell S. G., Harveson R. M. Sunflower disease diagnostic guide. North Dakota State University, 2019. URL: <https://www.ndsu.edu/agriculture/ag-hub/publications/sunflower-disease-diagnostic-series>

54. Hamaiunova V. V., Kasatkina T. O. Prospects and particularities of barley cultivation in rural areas. *Scientific Horizons*. 2018. № 7–8 (70). C. 131–138. URL: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2018-70-7-8-131-138>.

55. Hinsinger P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. *Plant and Soil*. 2001. Vol. 237. P. 173–195. URL: <https://doi.org/10.1023/A:1013351617532>

56. Hossain M., Begum M. Soil weed seed bank: Importance and management for sustainable crop production – A Review. *Journal of the Bangladesh Agricultural*

University. 2016. Vol. 13, No. 2. P. 221–228. URL: <https://doi.org/10.3329/jbau.v13i2.28783>

57. Impact of different barley-based cropping systems on soil physicochemical properties and barley growth under conventional and conservation tillage systems / M. Naeem et al. *Agronomy*. 2020. № 11 (1). Art. 8. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy11010008>

58. Improving phenotyping in winter barley cultivars towards waterlogging tolerance by combining field trials under natural conditions with controlled growth condition experiments / T. Byrne et al. *European Journal of Agronomy*. 2021. Vol. 133, Article 126432. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126432>

59. Improving soil physical properties through the use of cover crops: A review // S. I. Haruna et al. *Agricultural & Environmental Letters*. 2020. Vol. 5, No. 1. Art. e20045. URL: <https://doi.org/10.1002/agg2.20105>

60. Increasing soil clay content increases soil phosphorus availability and improves the growth, physiology, and phosphorus uptake of rice under alternative wetting and mild drying irrigation / Y. A. Hamoud et al. *Environmental Technology & Innovation*. 2024. Vol. 35. 103691. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103691>

61. Influence of methods of basic tillage on the dynamics of productive moisture reserves in spring barley crops in the conditions of the northern Steppe of Ukraine / O. I. Tsyliuryk et al. *Grain Crops*. 2020. Vol. 4, No. 2. P. 339–352. URL: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0143>

62. Intercropping controls the response of phosphorus availability to fertilization / D. Tao et al. *Soil and Tillage Research*. 2025. Vol. 253. 106633. URL: <https://doi.org/10.1016/j.still.2025.106633>

63. Janusauskaite D., Ciuberkis S. Effect of different soil tillage and organic fertilizers on winter triticale and spring barley stem base diseases. *Crop Protection*. 2010. Vol. 29, No. 8. P. 802–807. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.04.002>

64. Jaskulska I., Piekarczyk M. The effect of lupins as compared with peas and oats on the yield of subsequent winter barley crops. *European Journal of Agronomy*. 2004. Vol. 20, No. 4. P. 405–418.

65. Kazinczi G., Béres I., Novák R. Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*): a review with special regards to the results in Hungary. Taxonomy, origin and distribution, morphology, life cycle and reproduction strategy. *Journal Herbologia*. 2008. Vol. 9, No. 1. P. 55–91.

66. Khan S. N. *Macrophomina phaseolina* as causal agent for charcoal rot of sunflower. *Mycopath*. 2007. Vol. 5, No. 2. P. 111–118.

67. Kirilyuk V. P., Shemyakin M. V. The influence of the moisture supply of the growing season on the reserves of productive moisture and water consumption of spring barley in the conditions of the Right Bank Forest Steppe. *Bulletin of Uman National University of Horticulture*. 2017. No. 1. P. 18–25.

68. Kravchenko Y. S. The current state of Ukrainian chernozems productivity. *Plant and Soil Science*. 2019. Vol. 10, No. 3. P. 29–41. URL: <https://doi.org/10.31548/agr2019.03.029>

69. Kyryliuk V. M., Tymoshchuk T. M., Kotelnyska A. O. Yield and quality of barley grain according to the systems of basic tillage and fertilization. *Scientific Horizons*. 2019. No. 9 (82). P. 36–44. URL: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-82-9-36-44>

70. Lal R. Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability*. 2015. Vol. 7, No. 5. P. 5875–5895. URL: <https://doi.org/10.3390/su7055875>

71. Lambers H. Phosphorus acquisition and utilization in plants. *Annual Review of Plant Biology*. 2022. Vol. 73, No. 1. P. 17–42. URL: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-102720-125738A>

72. Lampurlanés J., Cantero-Martínez C. Soil bulk density and penetration resistance under different tillage and crop management systems and their relationship with barley root growth. *Agronomy Journal*. 2003. Vol. 95. 526–536. URL: <https://doi.org/10.2134/agronj2003.5260>

73. Leaf spot diseases of barley and spring wheat as influenced by preceding crops / J. M. Krupinsky et al. *Agronomy Journal*. 2004. Vol. 96, No. 1. P. 259–266. URL: <https://doi.org/10.2134/agronj2004.2590>

74. Legume-based rotation increases soil phosphorus availability and enhances subsequent crop yields / Z. Chen et al. *European Journal of Agronomy*. 2025. Vol. 170. 127707. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2025.127707>

75. Life cycle assessment of a long-term multifunctional winter wheat–summer maize rotation system on the North China Plain under sustainable P management / X. Chen et al. *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 783. 147039. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147039>

76. Long-term no-till: A major driver of fungal communities in dryland wheat cropping systems // D. Sharma-Poudyal et al. *PLoS One*. 2017. Vol. 12, No. 9. e0184611. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184611>

77. Long-term organic fertilization increases phosphorus content but reduces its release in soil aggregates / H. Cui et al. *Applied Soil Ecology*. 2024. Vol. 203. 105684. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105684>

78. Long-term soil quality effects of soil and crop management in organic and conventional arable cropping systems / C. De Notaris et al. *Geoderma*. 2021. Vol. 403. URL: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115383>

79. Matusso J. M. M., Mugwe J. N., Mucheru-Muna M. Effects of different maize (*Zea mays* L.) – soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) intercropping patterns on yields and its economics. *African Journal of Agricultural Research*. 2014. Vol. 9, No. 1. P. 42–55. URL: <https://doi.org/10.5897/ajar2013.7178>

80. Maw M. J. W., Lepcha I., Naumann H. D. Previous legume crop influences winter barley yield, N fertilizer response, and malting quality in Missouri. *Legume Science*. 2023. Vol. 5, No. 1. Art. e182. URL: <https://doi.org/10.1002/leg3.182>

81. Measuring dynamic changes of soil porosity during compaction / Y. W. Fu et al. *Soil and Tillage Research*. 2019. Vol. 193. P. 114–121. URL: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.016>

82. Modeling the impact of weather and climatic conditions and nutrition variants on the yield of spring barley varieties (*Hordeum vulgare* L.) / A. Panfilova et al. *Agronomy Research*. 2020. Vol. 18, Suppl. 2. P. 1388–1403. URL: <https://doi.org/10.15159/AR.20.159>

83. Mrabet R. Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage systems in Africa. *Soil and Tillage Research*. 2002. Vol. 66, No. 2. P. 119–128. URL: [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00020-X](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00020-X)

84. Mubvumba P., DeLaune P. B., Hons F. M. Grazing summer cover crops mix impact on carbon nitrogen cycling, soil water, and wheat yields. *Soil Security*. 2023. Vol. 13. Art. 100107. URL: <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2023.100107>

85. Mundus S., Carstensen A., Husted S. Predicting phosphorus availability to spring barley (*Hordeum vulgare* L.) in agricultural soils of Scandinavia. *Field Crops Research*. 2017. Vol. 212. P. 1–10. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.06.026>

86. Neilyk M. M. Influence of mineral nutrition and precursor crops on the linear growth of spring barley. *Feeds and Feed Production*. 2024. No. 97. P. 58–68. URL: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202497-06>

87. Netis O. T., Onufron L. I. Soil water regime under spring barley cultivation in the southern Ukrainian steppe. *Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences*. 2012. No. 79. P. 106–112.

88. Nitrogen sustainability and soil carbon sequestration in fresh grain legume-based rotations: The vital role of the cover crop mixture / Z. Liang et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2026. Vol. 400. P. 110206. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.110206>

89. Offret A. G., Cousins S. A. O. Past and present management influence seed bank and seed rain in a rural landscape mosaic. *Journal of Applied Ecology*. 2011. Vol 49(1). P. 10–19. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02069.x>

90. Olifir Y., Partyka T., Havryshko O. The effect of prolonged anthropogenic pressures on dynamics of nitrogen mineral forms of light gray forest surface-gleyed soil under spring barley. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*. 2020. № 67(1). P. 115–127. URL: [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-1-8](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-1-8)

91. Over winter cover crops provide yield benefits for spring barley and maintain soil health in northern Europe / J. Holland et al. *European Journal of Agronomy*. 2021. Vol. 130. 126363. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126363>

92. Panfilova A., Mohylnytska A. The impact of nutrition optimization on crop yield of winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) and modeling of regularities of

its dependence on structure indicators. *Agriculture & Forestry*. 2019. Vol. 65, No. 3. P. 157–171. URL: <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.65.3.13>

93. Pathogen persistence and management in sunflower cropping systems / D. Tourvieille de Labrouhe et al. *OCL – Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*. 2020. Vol. 27, No. 20. URL: <https://doi.org/10.1051/ocl/2020052>

94. Pavlova Ya., Litvinov D. The influence of previous crops and tillage on available moisture reserves of chernozem typical for growing spring barley. *Plant and Soil Science*. 2024. Vol. 15, No. 2. P. 32–41. URL: <https://doi.org/10.31548/plant2.2024>

95. Persistent effects of subsoil compaction on pore size distribution and gas transport in a loamy soil / F. E. Berisso et al. *Soil and Tillage Research*. 2012. № 122. P. 42–51. URL: <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.02.005>

96. Plisko I., Kutsova K. The heterogeneity of the content of nitrogen compounds in arable soils in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Agricultural Science*. 2023. Vol. 101, № 1. P. 5–13. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-01>

97. Pogromska Y. Content of nitrates in the soil under the grain-spreading crop rotation, depending on the method of its tillage and meteorological factors. *AgroChemistry and Soil Science*. 2018. Vol. 87. P. 100–106. URL: <https://doi.org/10.31073/acss87-15>

98. Poirier Y., Jaskolowski A., Clúa J. Phosphate acquisition and metabolism in plants. *Current Biology*. 2022. Vol. 32, No. 12. P. R623–R629. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.03.073>

99. Porodko M. A. Water consumption of spring barley plants depends on fertilizer and predecessor. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: Agronomy and Biology*. 2023. Vol. 52, No. 2. P. 91–98.

100. Preceding crop and tillage system affect winter survival of wheat and the fungal communities on young wheat roots and in soil / H. Friberg et al. *FEMS Microbiology Letters*. 2019. Vol. 366, No. 15. fnz189. URL: <https://doi.org/10.1093/femsle/fnz189>

101. Principles of designing slope agrolandscapes in soil-protective farming systems / V. F. Kaminskyi et al. *Agricultural Science and Practice*. 2021. No. 1. P. 4–15. URL: <https://doi.org/10.54651/agri.2021.01.01>

102. Productivity, economic and energy efficiency of short crop rotation under different systems of basic tillage and fertilization in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine / I. Prymak et al. *Scientific Papers. Series “Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development”*. 2023. C. 617–626. URL: <https://doaj.org/article/0c99b27a957e4f02b9622fd257b9ca72>

103. Projected impacts of sowing date and cultivar choice on the timing of heat and drought stress in spring barley grown along a European transect / M. Appiah et al. *Field Crops Research*. 2022. Vol. 291, Article 108768. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108768>

104. Quality Parameter Requirement and Standards for Malt Barley – A Review // D. Kumar et al. *Agricultural Reviews*. 2013. Vol. 34, No. 4. P. 313–317. URL: <https://doi.org/10.5958/j.0976-0741.34.4.018>

105. Rapid microbial phosphorus immobilization dominates gross phosphorus fluxes in a grassland soil with low inorganic phosphorus availability / E. Bünemann et al. *Soil Biology and Biochemistry*. 2012. Vol. 51. P. 84–95. URL: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.04.012>

106. Recent insights into the metabolic adaptations of phosphorus-deprived plants / D. M. S. B. Dissanayaka et al. *Journal of Experimental Botany*. 2020. Vol. 72, No. 2. P. 199–223. URL: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa482>

107. Relationship between spring barley productivity and management practices in the Lithuanian lowland / V. Povilaitis et al. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2017. Vol. 67, No. 1. P. 86–95. URL: <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1367834>

108. Residual effects of repeated catch crops on spring barley yield and nitrate leaching / U. Kumar et al. *Field Crops Research*. 2025. Vol. 327. P. 109911. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2025.109911>

109. Review of soil phosphorus routines in ecosystem models / J. Pferdmenges et al. *Environmental Modelling & Software*. 2020. Vol. 126. 104639. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104639>
110. Revisiting potassium-induced impacts on crop production and soil fertility based on thirty-three Chinese long-term experiments / Z. Liu et al. *Field Crops Research*. 2024. Vol. 304. 109732. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109732>
111. Romaniuk V.I. Photosynthetic productivity of summer barley in conditions of the Forest-steppe Right-bank. *Bulletin of Agricultural Science*. 2019. № 3 (792). C. 76–81. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201903-12>
112. Root traits regulate the capacity of the rhizosphere to support multiple ecosystem services under intercropping and phosphorus fertilization / D. Tao et al. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2024. Vol. 374. 109181. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109181>
113. Rotational complexity increases cropping system output under poorer growing conditions / K. A. Bybee-Finley et al. *One Earth*. 2024. Vol. 7, No. 9. P. 1638–1654. URL: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2024.07.008>
114. Sang X., Wang D., Lin X. Effects of tillage practices on water consumption characteristics and grain yield of winter wheat under different soil moisture conditions. *Soil and Tillage Research*. 2016. Vol. 163. P. 185–194.
115. Scherner A., Melander B., Kudsk P. Vertical distribution and composition of weed seeds within the plough layer after eleven years of contrasting crop rotation and tillage schemes. *Soil & Tillage Research*. 2016. Vol. 161. P. 10–17. URL: <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.04.005>
116. Schroeder K. L., Paulitz T. C. Root diseases of wheat and barley during the transition from conventional tillage to direct seeding. *Plant Disease*. 2006. Vol. 90, No. 9. P. 1247–1253.
117. Seasonal dynamics of seed dormancy and germination in the weed *Diplachne fusca* // G. Song et al. *PeerJ*. 2024. Vol. 12. Article e17987. URL: <https://doi.org/10.7717/peerj.17987>

118. Size and composition of weed seedbank in long-term organic and conventional low-input cropping systems / F. Graziani et al. *European Journal of Agronomy*. 2012. Vol. 39. P. 52–61. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.01.008>
119. Soil compaction effects on soil bulk density and penetration resistance and growth of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) / E. Reintam et al. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*. 2009. № 59 (3). P. 265–272. URL: <https://doi.org/10.1080/09064710802030070>
120. Soil test phosphorus as affected by phosphorus budgets in two long-term field experiments in Germany / T. Zicker et al. *Field Crops Research*. 2018. Vol. 218. P. 158–170. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.008>
121. Sowing season 2025: Farmers have sown over a million hectares of spring grains. *Ukrainian National News (UNN)*. 2025, April. URL: <https://unn.ua/en/news/sowing-season-2025-farmers-have-sown-over-a-million-hectares-of-spring-grains>
122. Spring barley productivity depending on agronomic factors in the Left-Bank Forest Steppe / I. Shapoval et al. *Feeds and Feed Production*. 2025. No. 99. P. 86–98. URL: <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202599-08>
123. Sunflower root growth and distribution under varied water regimes in two edaphoclimatic conditions / L. H. Loose et al. *Acta Scientiarum Agronomy*. 2024. Vol. 46(1). URL: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v46i1.65692>
124. The effect of different tillage methods on spring barley productivity and grain quality indicators / A. Sinkevičienė et al. *Agronomy*. 2025. Vol. 15, No. 8. Article 1823. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy15081823>
125. The effect of soil water content and erodibility on losses of available nitrogen and phosphorus in simulated freeze-thaw conditions / Y. Cheng et al. *Catena*. 2018. Vol. 166. P. 21–33. URL: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.03.015>
126. The genotype-dependent effects of biologicals on drought adaptation in spring barley / V. Töpfer et al. *Plant Stress*. 2025. Article 100884. URL: <https://doi.org/10.1016/j.stress.2025.100884>

127. The impact of climate change on barley yield in the Mediterranean basin / D. Cammarano et al. *European Journal of Agronomy*. 2019. Vol. 106, P. 1–11. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.03.002>
128. The impact of tillage intensity and meteorological conditions on soil temperature, moisture content and CO₂ efflux in maize and spring barley cultivation / V. Bogužas et al. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2018. Vol. 105, No. 4. C. 307–314. URL: <https://doi.org/10.13080/z-a.2018.105.039>
129. The influence of different farming systems on the content of mobile potassium compounds in the soil / G. Davydiuk et al. *Bulletin of Agricultural Science*. 2024. Vol. 102, No. 2. P. 11–18. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202402-02>
130. The response of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) to climate change in Northern Serbia / M. Daničić et al. *Atmosphere*. 2019. Vol. 10, No. 1, Art. 14. URL: <https://doi.org/10.3390/atmos10010014>
131. Tillage effects on weed seed return and seedbank composition / D. R. Clements et al. *Weed Science*. 1996. Vol. 44, № 2. P. 314–322. URL: <https://doi.org/10.1017/S0043174500093942>
132. Transformation of the nitrogen cycle: Recent trends, questions, and potential solutions / J. N. Galloway et al. *Science*. 2008. Vol. 320, № 5878. P. 889–892. URL: <https://doi.org/10.1126/science.1136674>
133. Tsilyuryk O. I., Shapka V. P. Effectiveness of moldboardless tillage at spring barley cultivation in the northern steppe. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. 2014. No. 1. P. 25–29.
134. Ukraine may continue to lose barley market share. *Argus Media*. URL: <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2420131-ukraine-may-continue-to-lose-barley-market-share> (дата звернення 15.05.2022).
135. Ukraine: Grain and Feed Annual Report. *United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service*. 2025. URL: <https://www.fas.usda.gov/>
136. Understanding and managing weed seed banks: a review / S. Kumar et al. *Agricultural Reviews*. 2022. Vol. 45, No. 3. P. 508–513. <https://doi.org/10.18805/ag.R-2401>

137. Unkovich M., McKenzie D., Parker W. New insights into high soil strength and crop plants: implications for grain crop production in the Australian environment. *Plant and Soil*. 2023. T. 486, № 1–2. C. 183–208. URL: <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05862-y>

138. USDA Foreign Agricultural Service (FAS). Ukraine – Barley Area Harvested and Yield Data 2023–2024. United States Department of Agriculture. 2024. URL: https://ipad.fas.usda.gov/cropeplorer/print_chart.aspx?cntryid=UKR&commodity=1&cropid=0430000

139. USDA Foreign Agricultural Service. Ukraine: Grain and Feed Annual Report 2024/25. 2024. URL: <https://apps.fas.usda.gov>

140. USDA Foreign Agricultural Service. World Agricultural Production. United States Department of Agriculture. 2024. URL: <https://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>

141. USDA. World Agricultural Production: July 2024. United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. 2024. URL: <https://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>

142. Usyk S. V. The influence of preceding crops on the amount of available moisture under spring barley crops when placed in 5-field crop rotations // Modern Movement of Science : abstracts of the 10th International Scientific and Practical Internet Conference (April 2–3, 2020). Part 2. P. 529–530.

143. Water flow in the roots of crop species: the influence of root structure, aquaporin activity, and waterlogging / H. Bramley et al. *Advances in Agronomy*. 2007. P. 133–196. URL: [https://doi.org/10.1016/s0065-2113\(07\)96002-2](https://doi.org/10.1016/s0065-2113(07)96002-2)

144. Waterlogging stress in plants: Unraveling the mechanisms and impacts on growth, development, and productivity / H. Manghwar et al. *Environmental and Experimental Botany*. 2024. Vol. 224, Article 105824. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2024.105824>

145. Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review / V. Nichols et al. *Field Crops Research*. 2015. Vol. 183. P. 56–68. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.012>

146. Weihrauch C., Opp C. Ecologically relevant phosphorus pools in soils and their dynamics: The story so far. *Geoderma*. 2018. Vol. 325. P. 183–194. URL: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.02.047>
147. Which future for weed science? / C. Fernandez-Quintanilla et al. *Weed Research*. 2008. Vol. 48. P. 297–301. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2008.00642.x>
148. Wikipedia contributors. List of countries by barley production // Wikipedia, The Free Encyclopedia. 2024, June. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_barley_production
149. Winter wheat and proso millet yield reduction due to sunflower in rotation / D. C. Nielsen et al. *Agronomy Journal*. 2005. Vol. 97, No. 2. P. 563–569. URL: <https://doi.org/10.2134/jpa1999.0193>
150. World Bank. Barley exports by country (HS Code 100300). World Integrated Trade Solution (WITS). 2023. URL: <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/ALL/year/2023/tradeflow/Exports/partner/WLD/product/100300>
151. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. 2023. Rome, 2023. ISBN 978 92 5 138262 2. URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc8166en>
152. World's Top Exports. Barley exports by country. 2023. URL: <https://www.worldstopexports.com/barley-exports-by-country/>
153. World's Top Exports. Ukraine's top 10 exports. 2023. URL: <https://www.worldstopexports.com/ukraines-top-10-exports/>
154. Wortman et al. Arable weeds, cover crops, and tillage drive soil microbial community composition in organic cropping systems / S. E. *Applied Soil Ecology*. 2013. Vol. 72. P. 232–241. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.07.014>
155. Xu Z., Ye L., Shen Q., Zhang G. Advances in the study of waterlogging tolerance in plants. *Journal of Integrative Agriculture*. 2023. Vol. 23, No. 9. P. 2877–2897. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jia.2023.12.028>.
156. Yield and development of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and spring barley (*Hordeum vulgare*) in field experiments with variable weather and drainage

conditions / K. J. S. Jensen et al. *European Journal of Agronomy*. 2020. Vol. 122, Article 126075. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126075>

157. Yield and economic results of spring barley grown in crop rotation and in monoculture / A. Woźniak et al. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2019. Vol. 28, No. 4. P. 2441–2448. URL: <https://doi.org/10.15244/pjoes/90634>

158. Zamljen S. A., Rovansksek A., Leskovsek R. Weed seed bank response during the early conversion period to less intensive tillage systems. *Soil and Tillage Research*. 2024. Vol. 242. 106164. URL: <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106164>

159. Аграрний прогноз України на 2024–2033 роки. *Kyiv School of Economics*. 2024. URL: <https://kse.ua>

160. Агрометеорологія / І. Д. Примак та ін. ТОВ «Нілан ЛТД», 2016. 576 с.

161. Агрохімічні показники якості чорнозему опідзоленого після тривалого (49 років) застосування добрив у польовій сівозміні / Г. М. Господаренко та ін. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2014. Вип. 81. С. 45–52.

162. Адаменко Т. І. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату : монографія. Київ : ВЕГО «МАМА-86», 2014. 16 с. URL: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee_files/idmp-cee/idmp-agroclimatic.pdf

163. Адаменко Т. І. Зміна клімату та сільське господарство в Україні. Німецько-український агрополітичний діалог. 2022. С. 21–27.

164. Андрущенко М. А., Головка В. А. Коріандр як попередник зернових культур: особливості вирощування та вплив на родючість ґрунту. *Наукові праці Інституту олійних культур НААН*. 2020. № 29. С. 59–63.

165. Артем'єва К. С. Зміни азотного режиму чорнозему типового за умов внесення рідких органо-мінеральних добрив. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2016. Вип. 85. С. 115–120.

166. Баланс калію у ґрунті та ефективність калійдефіцитної системи удобрення / Г. М. Господаренко та ін. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2020. № 2. С. 42–46. URL: <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2020-2-42-46>

167. Білик М. Т. Сівозміна як основа підвищення врожайності ярих зернових. *Агросвіт*. 2016. № 4. С. 17–22.
168. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (науково-методичне забезпечення) / Ю. О. Тараріко та ін. К. : Аграрна наука, 2005. 200 с.
169. Божко Л. Ю., Барсукова О. А. Аналіз впливу кліматичних змін на умови вирощування ячменю ярого в Поліссі за сценарієм RCP4.5. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали Х МН-ПК молодих вчених і спеціалістів, м. Київ, 29 квіт. 2022 р. / Миронівський ін-т пшен. ім. В. М. Ремесла, 2022. URL: <http://confer.uiesr.sops.gov.ua/miron2022/paper/viewFile/26083/14701>
170. Бойко М. В. Вміст основних поживних елементів у ґрунті при вирощуванні кукурудзи на силос залежно від методів основного обробітку ґрунту та удобрення. *Корми та кормовиробництво*. 2006. Вип. 56. С. 11–15.
171. Бровко С. П. Агрохімічна оцінка ґрунтів під ярим ячменем залежно від попередників. *Ґрунтознавство*. 2020. № 2. С. 22–27.
172. Бурикiна С. I., Ужєвська С. П., Кулiджанов Г. В. Динамiка поживних речовин ґрунту в перiод розкладання бiомаси сидеральних культур // Scientific research: modern challenges and future prospects : матеріали IX Міжнар. наук.-практ. конф. (Мюнхен, Німеччина, 14–16 квітня 2025 р.). Munich : MDPC Publishing, 2025. С. 25.
173. Верховий Ф. Методи контролю за бур'янами. *Агробізнес сьогодні*. 2013. № 23. С. 22–24.
174. Від полищевого до безполищевого та нульового обробітку ґрунту: історія розвитку і сучасний стан в Україні / О. І. Ряба та ін. Умань, 2011. 61 с.
175. Вплив оптимальної щільності ґрунту для різних сільськогосподарських культур на врожайність / С. Г. Карташов та ін. *Таврійський науковий вісник*. 2012. № 78. С. 21–26.
176. Вплив систем основного обробітку і удобрення на вміст у ґрунті доступних для рослин елементів живлення і продуктивність польової сівозміни

в Правобережному Лісостепу України / І. Д. Примаєв та ін. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 8. С. 12–19.

177. Вплив способів основного обробітку ґрунту на забур'яненість посівів та урожайність ячменю ярого в умовах Лівобережного Лісостепу // В. В. Гангур та ін. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Т. 26, № 4. С. 41–46. URL: <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.08>

178. Гаврилюк Ю. В. Вплив систем обробітку ґрунту на його агрофізичний стан. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2016. № 3. С. 73–77.

179. Гангур В. В., Котляр Я. О. Вплив попередників на поживний режим ґрунту та урожайність пшениці озимої в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Т. 26, № 3. С. 11–16. URL: <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.02>

180. Гангур В. В., Ленюк О. І., Гангур М. В. Вплив різних систем обробітку на поживний режим ґрунту під пшеницею озимою та ячменем ярим в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ПДАУ*. 2022. № 1. С. 38–44. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.04>

181. Геркіял О. М. Баланс основних елементів живлення в ґрунті залежно від насиченості мінеральними добривами в сівоzmіні. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2011. Вип. 39. С. 112–118.

182. Господаренко Г. М. Агрохімія : підручник. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2010. 400 с.

183. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур : навч. посіб. Київ : Вища освіта, 2010. 190 с.

184. Господаренко Г., Гавриленко В. П. Поживний режим ґрунту під ячменем ярим голозерним за різного удобрення в польовій сівоzmіні / *Рубіновські читання* : матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. 2023. С. 21.

185. Григоренко В. В. Агротехнічні особливості вирощування льону в сівоzmінах. *Вісник аграрної науки*. 2018. Т. 96, № 3. С. 112–116.

186. Гудзенко В. М., Васильківський С. П. Урожайність ячменю ярого залежно від гідротермічних умов вегетаційного періоду у Центральному

Лісостепу України. *Агробіологія*. 2016. № 2. URL: <https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/uk/content/urozhaynist-yachmenyu-yarogo-zalezchno-vid-gidrotermichnyh-umov-vegetaciynogo-periodu-u>

187. Гунчак Ю. М., Савчук В. І. Використання гірчиці як проміжної культури та її вплив на агрофізичні властивості ґрунту. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2017. № 4. С. 44–49.

188. Дегтярьова З. Поживний режим ґрунту залежно від частки соняшнику в короткоротаційних сівоzmінах. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2023. Т. 27, № 2. С. 87–95. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/2.2023.87>

189. Демчук Д. О., Ковальчук В. П. Вплив зміни щільності на водно-фізичні властивості ґрунту / *Збірник тез XIII Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої Всесвітньому дню водних ресурсів, 25–26 березня 2025 р., м. Київ*. – Київ : Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2025. С. 216–241.

190. Державна служба статистики України. Загальні результати сільськогосподарського виробництва в Україні за 2023 рік. 2023. URL: <https://ukrstat.gov.ua>

191. Дєдов О. В., Пасічняк В. І., Нагрибецький М. І. Ґрунти в умовах кліматичних змін: адаптація, реадaptaція, преадаптація? *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*. 2017. Вип. 47. С. 100–105.

192. Динаміка вмісту рухомих фосфатів у ґрунтах Одеської області / В. Ф. Голубченко та ін. *Наукові праці. Екологія*. 2012. Вип. 167. С. 28–31.

193. Дмитренко В. П. Погода, клімат і урожай польових культур: монографія. НАН України, Укр. наук.-дослід. гідрометеорол. ін-т. К.: Ніка-Центр, 2010. 620 с.

194. Долженчук В. І., Крупко Г. Д. Динаміка родючості ґрунтів Рівненської області. *Охорона родючості ґрунтів*. 2010. Вип. 6. С. 52–60.

195. Дорофєєв О. В. Наслідки впливу інтенсифікації землеробства на екологічну рівновагу навколишнього середовища. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 4. С. 136–141.

196. ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 01-01-2004]. Вид. офіц. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.

197. ДСТУ 4729:2002 Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна. [Чинний від 27-06-2002]. Вид. офіц. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 11 с.

198. ДСТУ 4729:2007 Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського. [Чинний від 01-01-2008]. Вид. офіц. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 18 с.

199. ДСТУ 4744:2007 Визначання структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н. І. Саввінова. [Чинний від 26-02-2007]. Вид. офіц. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 15 с.

200. ДСТУ ISO 11272-2001 Якість ґрунту. Визначання щільності складення на суху масу (ISO 11272:1998, IDT). [Чинний від 01-07-2003]. Вид. офіц. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 23 с.

201. ДСТУ ISO 11465-2001 Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод (ISO 11465:1993, IDT) [Чинний від 01-01-2003]. Вид. офіц. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 13 с.

202. Ефективність мінімізації обробітку ґрунту і застосування побічної продукції під ячмінь ярий в умовах Західного Лісостепу / В. М. Польовий та ін. *Bulletin of National University of Water and Environmental Engineering*. 2023. Т. 1, № 101. С. 223–234.

203. Євтушенко Т. В., Тонха О. Л., Піковська О. В. Вплив ґрунтозахисних технологій вирощування на поживний режим чорнозему типового. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство*. 2017. № 1. С. 133–139.

204. Забур'яненість посівів і продуктивність сівозмін залежно від співвідношення культур і систем обробітку ґрунту на зрошенні півдня України / М. П. Малярчук. *Аграрні інновації*. 2010. № 2. С. 56–61. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.2.9>

205. Задорожний В. С., Мовчан І. В. Вплив різних способів обробітку ґрунту на видовий склад бур'янів при вирощуванні кукурудзи на зерно. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. № 20. С. 37–40.
206. Збільшення зерновиробництва в зоні Степу України за рахунок вирощування ячменю та оптимізації його живлення / В. В. Гамаюнова та ін. *Наукові горизонти*. 2020. № 2 (87). С. 15–23. URL: <http://dx.doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-15-23>.
207. Землеробство. Практикум / С. П. Танчик та ін. К. : Нілан ЛТД. 2013. 278 с.
208. Землеробство: навч. посіб. / С. П. Танчик та ін. Київ: ЦП «Компринт», 2022. 350 с.
209. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2001. 591 с. URL: <https://buklib.net/books/21965/>
210. Зуза В., Шекера С., Гутянський Р. Порівняльна оцінка ефективності гербіцидів у посівах ячменю ярого. *Вісник аграрної науки*. 2018. Т. 96, № 12. С. 34–39.
211. Іванчук Н. В. Зміна клімату та сільське господарство: як адаптуватися? 2023. URL: <https://eos.com/uk/blog/zmina-klimatu-ta-silske-hospodarstvo/> (дата звернення: 04.2024).
212. Іващенко О. О. Реакція бур'янів на дефіцит світлової енергії // Рослини бур'яни: особливості біології та раціональні системи їх контролювання в посівах сільськогосподарських культур. К.: Колообіг, 2010. С. 72–78
213. Іващенко О. О. Резерви гербології // Проблеми бур'янів і шляхи зниження забур'янення орних земель: матеріали 4-ої наук.-теорет. конф. Українського наук. товариства гербологів. Київ: Колобіг, 2004. С. 3–10.
214. Іващенко О. О., Іващенко О. О. Загальна гербологія. Київ: Фенікс, 2019. 752 с.
215. Карнаух О. Б. Забур'яненість посівів і врожайність культур п'ятипільної сівозміни залежно від заходів мінімалізації механічного обробітку

грунту. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 1. С. 29–35.

216. Карнаух О. Б. Забур'яненість посівів та урожайність ячменю ярого за різних заходів основного обробітку ґрунту. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2013. Т. 82. С. 100–106.

217. Катрій В. Б., Рибалка О. І., Моргун Б. В. Фізіолого-біохімічні особливості ячменю як продукту функціонального харчування. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. Т. 53, № 6 (314). С. 463–481. URL: <https://doi.org/10.15407/frg2021.06.463>.

218. Качайло А. Є. Плямистості листя ячменю ярого та заходи з обмеження їх шкідливості в ТОВ Агрофірма «Союзагро» Красноградського району Харківської області : кваліфікаційна робота магістра : спец. 202 – Захист і карантин рослин / наук. кер. В. В. Горіянова. Харків : ДБТУ, 2024. 70 с.

219. Кирильчук А. М., Щербиніна Н. П., Чухлеб С. Л. Ячмінь: стан та шляхи збільшення виробництва зерна. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131. С. 90–103. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.11>.

220. Коваленко І. Б., Костюченко О. А., Мельничук С. Д. Динаміка фосфору в системі "ґрунт–рослина". *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2014. № 81. С. 35–39.

221. Коваль Г. В., Калієвський М. В., Єщенко В. О. Забур'яненість посівів ячменю ярого залежно від основного обробітку ґрунту в умовах Південного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2017. Т. 90, № 1. С. 188–196.

222. Колісник О. М. Вплив технологічних прийомів вирощування на ріст і розвиток ячменю ярого в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 16. С. 89–107. URL: <http://repository.vsau.vin.ua/getfile.php/25254.pdf>

223. Коломієць М. В. Вплив систем обробітку ґрунту на продуктивність культур і родючість ґрунту. *Землеробство*. 2000. Вип. 74. С. 23–30.

224. Конончук О. Б. Продуктивність і хвороби посівів ячменю озимого на чорноземі типовому залежно від препаратів і фунгіцидного обробітку. *Вісник*

уманського національного університету садівництва. 2022. № 1. С. 133–139.

URL: <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2022-1-133-139>

225. Кравець В. Захист ячменю. *Агробізнес сьогодні* [Електронний ресурс]. URL: <http://www.agro-business.com.ua/agrobusiness/technology/74-2010-08-05-09-50>, дата звернення: 25.12.2024.

226. Криlach С. Модель оптимального за агрофізичними параметрами посівного шару ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2022. Т. 100, № 3. С. 13–19. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202203-02>

227. Крупський Н. К. Атлас ґрунтів Української РСР. К.: Урожай, 1979. 160 с.

228. Круть В. М., Танчик С. П. До питання застосування безполицевого обробітку ґрунту під зернові культури. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. Київ, 2002. Вип. 47. С. 13–18.

229. Кудря С. І., Тараріко Ю. О. Вплив короткоротаційних сівозмін на вміст поживних речовин у ґрунті. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва* : матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 29–30 листопада 2022 р.). Харків : Держ. біотехнологічний ун-т, 2022. С. 174–176.

230. Кучер Л. І. Інтенсивність переходу іонів калію за ґрунтозахисного землеробства // Науковий огляд. 2014. Т. 8, № 7. URL: [URL:https://naukajournal.org/index.php/naukajournal/article/view/293/486.5](https://naukajournal.org/index.php/naukajournal/article/view/293/486.5). Лис Н

231. Ленъ О. І. Ефективність технології вирощування ячменю ярого в умовах Східного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2008. № 1. С. 159–161.

232. Лис Н. М. Вплив способів основного обробітку на поживний режим ґрунту за вирощування ріпаку озимого. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 9. С. 15–18.

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

234. Лихочвор В. В., Проць Р. Р., Долежал Я. Ячмінь. Львів: Українські технології, 2003. 730 с.
235. Лісовенко Л. А. Наукові основи землеробства. Київ: Аграрна наука, 2013. 264 с.
236. Літвінов Д. В. Динаміка вмісту обмінного калію в чорноземі типовому в короткоротаційних сівоzmінах. *Землеробство*. 2017. № 2. С. 13–19.
237. Літвінов Д. В. Продуктивність ячменю ярого у короткоротаційних сівоzmінах на чорноземах типових Лівобережного Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. Київ : ВД «ЕКМО», 2009. Вип. 3. С. 24–28.
238. Літвінов Д. В., Павлова Я. С. Урожайність ячменю ярого залежно від попередників та обробітку ґрунту в правобережному лісостепу України // *Інноваційні напрями розвитку технологій управління землями сільськогосподарського призначення: теорія та практика: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів, 27 листопада 2023 р.* Київ, 2023. С. 86. Режим доступу: <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2025/01/innovative-areas-of-development-2.pdf>
239. Манько Ю. П., Цюк О. А., Кротінов О. П. Модель системи екологічного землеробства в Лісостепу України: методичні рекомендації для впровадження у виробництво. К. : Аграр. освіта, 2008. 36 с.
240. Манько Ю. П., Цюк О. А., Павлов О. С. Методологія, методи і методика досліджень в агрономії. Вінниця. : «Нілан-ЛТД», 2016. 95 с.
241. Манько К. М., Усов О. С., Жижка Н. Г. Вплив комплексної взаємодії факторів на формування врожайності пшениці ярої. *Вісник Центру наукового забезпечення агропромислового виробництва Харківської області*. 2016. № 20. С. 46–53.
242. Манько Ю. П. Методика оцінки адекватності явищ і технологій у землеробстві. *Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків. УААН*. 2007. № 9. С 26–31.

243. Мартин А. Г., Осипчук С. О., Чумаченко О. М. Природно-сільськогосподарське районування України : монографія. Київ : ЦП «Компринт», 2015. 328 с.

244. Матвійчук Б. В., Матвійчук Н. Г., Корево Н. І. Щільність будови і твердість ґрунту за вирощування пшениці озимої. *Український журнал природничих наук*. 2023. № 3. С. 167–175. URL: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.3.2023.167-175>

245. Медведєв В. В., Булигін С. Ю., Вітвіцький С. В. Фізика ґрунту. Навчальний посібник. Київ : Видавництво, 2018. 289 с.

246. Медведєв В. В., Лактіонова Т. М. Ґрунтово-технологічні вимоги до ґрунтообробних знарядь і ходових систем машинно-тракторних агрегатів. Харків : КП «Друкарня № 13», 2008. 68 с

247. Медведєв В. Г. Родючість ґрунту. Моніторинг та управління. Київ : Урожай, 1992. 147 с.

248. Медведєв Е. Б. Вплив способів обробітку ґрунту і добрив на забур'яненість культур ланки польової сівоzmіни в умовах північного Степу України // Інноваційні технології в рослинництві : матеріали III Всеукр. наук. інтернет-конф. (15 лип. 2020 р.). Луганськ : Луганський інститут агропромислового виробництва НААН України, 2020. С. 67–69.

249. Мельник С. Зміни клімату вже позначаються на сільському господарстві. *Агрополітика*. 2018. № 4. С. 8–11.

250. Мельник Ю. П., Савченко М. В. Вплив основного обробітку ґрунту після технічних культур на продуктивність ячменю ярого. *Науковий вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 4. С. 76–81.

251. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові культури) / За ред. В. В. Волкодава. К., 2001. 69 с.

252. Методика наукових досліджень в агрономії : навчальний посібник // В. Г. Дідора та ін. Житомир: ЖНАЕУ, 2012. 195 с.

253. Наукові підходи щодо екологізації технології вирощування ячменю ярого в умовах Лівобережного Лісостепу / М. В. Горобець та ін. *Вісник*

Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 4. С. 142–149. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.17>.

254. Ображій С. В. Забур'яненість посівів залежно від систем основного обробітку і рівнів удобрення ґрунту в зернопросапній сівозміні Центрального Лісостепу України. *Вісник Білоцерківського національного аграрного університету*. 2014. Вип. 85, ч. 1. С. 84–92.

255. Огієнко Н. І., Бордун Р. М. Поживний режим чорнозему типового залежно від агротехнологій у Лівобережному Лісостепу. *Землеробство*. 2009. Вип. 81. С. 20–27.

256. Оничко В. І., Криницький В. О. Вплив попередників на чисельність ґрунтових шкідників у посівах ячменю ярого / Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (19–23 квітня 2021 р.). Суми, 2021. С. 83.

257. Основний обробіток ґрунту під ярі культури в лісостеповій зоні / В. О. Єщенко та ін. Умань, 2009. 200 с. ISBN 978-966-1604-13-0.

258. Особливості формування і регулювання потенційної забур'яненості різних технобіогенних систем / О. І Цилюрик та ін. *Agrology*. 2019. Vol. 2, No. 1. Р. 31–40.

259. Остапчук В. І., Савчук Т. Г. Коріандр у сівозмінах: переваги використання та агротехнічні рекомендації. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2021. № 1(99). С. 47–52.

260. Павлов О. С. Зміна водно-фізичних показників ґрунту в полі пшениці озимої залежно від систем землеробства в Правобережному Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2012. Вип. 176. С. 153–158.

261. Павлова Г. Є, Приходько І. П., Костенко К. Є. Методика визначення показників ефективності виробництва зерна для забезпечення економічної безпеки підприємства. *Економіка і суспільство*. 2016. С. 122–125.

262. Павлова Я. С. Динаміка нітратного азоту в ґрунті в посівах ячменю ярого залежно від попередників у Правобережному Лісостепу України / *Продовольча безпека України. Збереження та відновлення ґрунтових і рослинних*

ресурсів : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 22–23 трав. 2025 р. – Київ, 2025. URL: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33546.58561>

263. Павлова Я. С. Об'ємна маса ґрунту залежно від попередників та його обробітку за вирощування ячменю ярого в Правобережному Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 122–127. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.18>.

264. Павлова Я. С., Танчик С. П. Актуальна забур'яненість ячменю ярого за різних попередників та основного обробітку ґрунту в Правобережному Лісостепу України. *Таврійський вісник аграрної науки*. 2024. Вип. 140. С. 26. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.26>

265. Пелех Л. В. Вплив системи основного обробітку ґрунту на забур'яненість агрофітоценозу ячменю ярого / Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (Біла Церква, 31 жовт. 2019 р.). Біла Церква, 2019. С. 3–4.

266. Пелех Л. В. Особливості динамічних змін забур'яненості агрофітоценозу ячменю ярого за зміни системи основного обробітку ґрунту. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 8. С. 45–52.

267. Пелех Л. В. Оцінка гербологічної ситуації агрофітоценозу ячменю ярого за різних попередників в умовах дослідного поля ВНАУ. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 4. С. 172–183.

268. Підсумки збирання врожаю 2023 року в Україні. *UkrAgroConsult*. 2024. URL: <https://ukragroconsult.com>

269. Піковська О. В. Вплив ґрунтозахисних технологій на поживний режим у типовому чорноземі. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: Землеробство*. 2017. № 1. С. 45–50.

270. Піковська О. В. Оцінка запасів продуктивної вологи чорнозему звичайного за різних систем обробітку ґрунту. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2012. Т. 8. №. 6. С. 35–39. URL: <https://scireports.com.ua/uk/journals/tom-8-6-2012>

271. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур (річна) | Державна служба статистики України. *Головна сторінка Держстат | Державна служба статистики України*.

URL: <https://stat.gov.ua/uk/publications/ploshchi-valovi-zbory-ta-urozhaynist-silskohospodarskykh-kultur-richna>

272. Погромська Я. А. Вміст обмінного калію залежно від обробітку ґрунту та метеорологічних факторів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. Вип. 91. С. 41–48. URL: <https://doi.org/10.31073/acss91-05>

273. Попередники ячменю ярого. *AgroScience*. URL: <https://agrosience.com.ua/plant/41-poperednyky-yarogo-yachmenyu>

274. Попов С. І., Авраменко С. В. Урожайність тритикале ярого та ячменю ярого залежно від технологій вирощування після кукурудзи на силос. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2008. № 2. С. 46–51.

275. Порівняльна оцінка агрофізичних властивостей за різних технологій обробітку ґрунту в сівоzmіні / М. В. Войтовик та ін. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2023. № 6 (106). URL: [http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.004](http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.004)

276. Породько М. А. Водоспоживання рослин ячменю ярого залежно від удобрення та попередника. *Вісник СНАУ. Серія: Агрономія і біологія*. 2023. Т. 2, № 52. С. 91–97. URL: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.2.12>

277. Посівні якості та врожайні властивості насіння ячменю ярого залежно від попередника і фону живлення та способи їх підвищення / Ю. І. Буряк та ін. *Селекція і насінництво*. 2017. № 112. С. 164–170. URL: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2017.120444>

278. Практикум з гербології. Навчальний посібник 3-тє видання, доповнене і перероблене / М. П. Косолап та ін. К.: НУБіП України. 2021 р. 876 с.

279. Практичний моніторинг родючості ґрунту з впровадження ґрунтозберігаючих систем землеробства (на прикладі технології No-till) / М. В. Войтовик та ін. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. 45. С. 7–15. URL: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.1>

280. Принципи проектування організації території схилових агроландшафтів в системі ґрунтозахисного землеробства / В. Ф. Камінський та ін. *Ґрунтознавство і агрохімія*. 2021. Т. 1, № 1. С. 4–15. URL: <https://doi.org/10.54651/agri.2021.01.01>

281. Прогноз виробництва ячменю в Україні на 2025 рік. *Latifundist Media*. 2024, липень. URL: <https://latifundist.com>
282. Прокопчук І. В., Господаренко Г. М., Бойко В. П. Поживний режим ґрунту в польовій сівозміні за різного удобрення. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. № 1. С. 37–43.
283. Прокопчук О. М., Кравець О. М. Технічні культури як попередники ярих зернових культур у сівозмінах Лісостепу. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 2. С. 12–16.
284. Районування території України за рівнем забезпеченості гідротермічними ресурсами та обсягами використання сільськогосподарських меліорацій / Ю. О. Тараріко та ін. Київ : ЦП «Компринт», 2015. 62 с.
285. Районування України. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/zoning-2.html> (дата звернення: 04.2024).
286. Раціональна система ведення землеробства / Б. І. Коран та ін. Львів, 2007. 236 с.
287. Ресурсозберігаючі технології механічного обробітку ґрунту в сучасному землеробстві України / І. Д. Примака та ін.; за ред. І. Д. Примака. Київ: КВІЦ, 2007. 272 с. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/11378>
288. Рослинництво України. *Статистичний збірник*. Київ: Державна служба статистики України, 2023. 181 с. URL: <https://stat.gov.ua/uk/publications/roslynnystvo-ukrayiny-2022>
289. Сайко В. Ф. Землеробство в контексті змін клімату. *Наукові праці Національного наукового центру «Інститут землеробства УАН»*. Київ, 2009. Спец. вип. С. 4–12.
290. Сайко В. Ф., Малієнко А. М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ : ВД «ЕКМО», 2007. 44 с.
291. Світличний О. О., П'яткова А. П. Водна ерозія ґрунтів у правобережному лісостепу України. *Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки*. 2021. Т. 26, Вип. 2. С. 51–63. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vonu_geo_2021_26_2_6

292. Сезонна динаміка рухомого калію за вирощування пшениці озимої / О. Тонха та ін. *Аграрні інновації*. 2021. № 3. С. 70–75. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.3.12>
293. Семенов О. І., Олійник М. Я., Рубан М. А. Ефективність удобрення ячменю ярого залежно від попередника. *Агросвіт*. 2020. № 17. С. 39–43.
294. Синьков С. П., Пугач В. О. Урожайність ячменю ярого залежно від попередника і системи обробітку ґрунту. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. № 3. С. 65–69.
295. Сінченко В. В., Танчик С. П., Літвінов Д. В. Вплив різних способів обробітку ґрунту на агрофізичні показники чорнозему типового Правобережного Лісостепу України. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Т. 5. № 1. С. 41–49. <http://doi.org/10.31548/agr2019.01.041>.
296. Сорт ячменю ярого Себастьян. *SuperAgronom*. 2024. URL: <https://superagronom.com/nasinnya-yachmin-yariy/sebastyan-id13528>
297. Танчик С. П., Бабіля Н. І., Бабенко А. І. Агрофізичні показники ґрунту за вирощування ячменю озимого в Закарпатті України. *Plant & Soil Science*. 2021. № 12 (4). С. 37–49.
298. Технологія виробництва продукції рослинництва : навч. посіб. / С. І. Мельник та ін. Київ : Аграрна освіта, 2010. 405 с.
299. Тонха О. Л., Піковська О. В. Ґрунтозахисні технології вирощування сільськогосподарських культур і якісний склад органічної речовини чорноземів. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2015. № 2. С. 12–18.
300. Топольний Ф. П., Лузан П. Г. Агрометеорологія. Навчальний посібник. Х.: Мачулін, 2018. 160 с.
301. Усик С. В. Весняні запаси доступної вологи під посівами ячменю ярого при вирощуванні в короткоротаційних сівозмінах після різних попередників. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2017. № 90(1). С. 235–240.
302. Усова Н. М., Солодушко М. М., Романенко О. Л. Вплив попередників і мінерального живлення на урожайність та якість зерна озимої пшениці. *Вісник Інституту сільського господарства степової зони НААН України. Зернові*

культури. 2018. Т. 2, № 2. С. 281–286. URL: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0037>

303. Центи́ло Л. В., Цюк О. А. Динаміка змін твердості ґрунту залежно від його основного обробітку. *Вісник аграрної науки Південного регіону*. 2019. № 1. С. 105–110. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.19>

304. Циков В. С., Матюха Л. П., Ткаліч Ю. І. Захист зернових культур від бур'янів у Степу України. Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2012. 211 с.

305. Циліурик О. І. Система мульчувального обробітку ґрунту в сівоzmінах Північного Степу: монографія. Дніпро: Новий Світ. 2000, 2019. 298 с.

306. Циліурик О. І., Шапка В. П. Вплив обробітку ґрунту та удобрення на забур'яненість посівів ячменю ярого. *Агробізнес сьогодні*. Київ, 2016. № 6 (325). С. 70–73. URL: <https://catalog.lounb.org.ua/bib/462349>.

307. Цюк О. А., Центи́ло Л. В., Мельник В. І. Зміни агрофізичних властивостей чорнозему типового під впливом застосування добрив і обробітку ґрунту. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2021. № 5 (93). URL: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2021.05.007>

308. Чередніченко І. В., Лозінська Т. П., Єрмаков В. В. Вплив кліматичних факторів на ерозійні процеси та формування рельєфу. *Просторовий розвиток*. 2024. № 8. URL: <http://dx.doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.492-505>

309. Чорний С. Г. Оцінка якості ґрунтів: навч. посіб. Миколаїв: МНАУ, 2018. 233 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/370498297_OCINKA_AKOSTI_GRUNTI_V

310. Шевченко І. М. Зміна вмісту рухомого фосфору в ґрунті за різних систем удобрення й обробітку. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 4. С. 149–152.

311. Шевченко М. В., Дьомкін О. О., Оленченко А. В. Вплив способів обробітку ґрунту на забур'яненість посівів культур польової сівоzmіни в Лівобережному Лісостепу України / Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика : матеріали II Міжнар.

наук. інтернет-конф., м. Тернопіль, 20 листоп. 2020 р. Тернопіль : ЗУНУ, 2020. С. 202–204.

312. Шевченко О. В. Вплив кліматичних змін на сільськогосподарське землекористування в Україні. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 4. С. 108–114. URL: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2023.292725>

313. Шевченко Р., Сало Л. В. Врожайність сортів ячменю ярого після різних попередників у Степу України. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки* : матеріали XIII Міжнар. наук.-практ. конф. – Кропивницький, 2021. – С. 225–226.

314. Шикула М. К., Кучер Л. І. Проблема калію в ґрунтозахисному землеробстві. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2004. № 1. С. 242–246.

315. Який кращий попередник для ячменю ярого? AgroVOBU. URL: <https://agro.vobu.ua/1094>

316. Якісна оцінка стану земель навчально-дослідних господарств НУБіП України, охорона і відновлення їх родючості / С. С. Кохан та ін. Київ : ЛОГОС, 2009. 130 с.

317. Ячмінъ ярий Себастьян (СН-1). *Harvest*. 2024. URL: <https://harvest.org.ua/semena/yachmen/yarovoj-yachmen/yachmen-sebastian>.

ДОДАТКИ

Додаток А

Оцінка типовості погодних умов вегетаційного сезону 2021 р. за даними метеослужби АДС ВП НУБіП України

Показники	Місяць												За вегетацію ячменю ярого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Опади, мм													
Кількість у 2021 р.	40,0	48,5	21,5	32,3	103,2	34,4	74,0	68,0	31,0	3,5	31,0	15,0	323,2
Багаторічна норма	34,5	37,7	36,0	34,3	61,2	63,6	55,4	50,7	48,0	45,1	37,4	47,8	310,3
Відхилення від норми у 2021 р.	5,5	10,8	-14,5	-2,0	42,0	-29,2	18,6	17,3	-17,0	-41,6	-6,4	-32,8	12,92
Стандартне відхилення, S	17,0	20,5	29,3	22,9	46,2	47,6	29,0	44,2	47,7	38,9	20,3	35,2	84,5
Коефіцієнт істотності відхилень 2021 р.	0,3	0,5	-0,5	-0,1	0,9	-0,6	0,6	0,4	-0,4	-1,1	-0,3	-0,9	0,15
Сума активних температур, >10 С°													
Кількість у 2021 р.	-	-	-	83,1	418,1	639	738	633	354	-	-	-	2865,20
Багаторічна норма	-	-	-	230,1	489,5	571,0	653,4	628,7	434,7	-	-	-	3007,47
Відхилення від норми у 2021 р.	-	-	-	-147,0	-71,4	68,0	84,6	4,3	-80,7	-	-	-	-142,27
Стандартне відхилення, S	-	-	-	68,34	63,99	56,42	40,79	43,96	73,21	-	-	-	189,13
Коефіцієнт істотності відхилень 2021 р.	-	-	-	-2,2	-1,1	1,2	2,1	0,1	-1,1	-	-	-	-0,75
ГТК													
Кількість у 2021 р.	-	-	-	3,89	2,47	0,54	0,99	0,89	0,67	-	-	-	1,13
Багаторічна норма	-	-	-	1,44	1,16	1,14	0,83	0,85	1,39	-	-	-	1,04
Відхилення від норми у 2021 р.	-	-	-	2,45	1,31	-0,60	0,16	0,04	-0,72	-	-	-	0,09
Стандартне відхилення, S	-	-	-	0,96	0,96	0,90	0,43	0,76	1,72	-	-	-	0,29
Коефіцієнт істотності відхилень 2021 р.	-	-	-	2,6	1,4	-0,7	0,4	0,1	-0,4	-	-	-	0,32

Додаток А 1

Оцінка типовості погодних умов вегетаційного сезону 2022 р. за даними метеослужби АДС ВП НУБіП України

Показники	Місяць												За вегетацію ячменю ярого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Опади, мм													
Кількість у 2022 р.	30,9	10,6	5,0	31,0	31,5	38,5	36,0	55,0	63,5	34,0	15,5	0,0	323,2
Багаторічна норма	34,6	36,9	33,9	32,1	60,9	58,8	55,9	49,6	47,6	41,6	34,6	44,1	305,1
Відхилення від норми у 2022 р.	-3,7	-26,3	-28,9	-1,1	-29,4	-20,3	-19,9	5,4	15,9	-7,6	-19,1	-44,1	18,14
Стандартне відхилення, S	17,0	20,5	29,3	22,4	45,3	48,6	30,2	45,0	47,7	38,6	20,7	35,2	86,2
Коефіцієнт істотності відхилень 2022 р.	-0,2	-1,3	-1,0	-0,1	-0,7	-0,4	-0,7	0,1	0,3	-0,2	-0,9	-1,3	0,21
Сума активних температур, >10 С°													
Кількість у 2022 р.	-	-	-	221	447	656	645	695	422	-	-	-	2865,20
Багаторічна норма	-	-	-	218,1	479,9	586,6	656,1	633,6	438,2	-	-	-	3012,5
Відхилення від норми у 2022 р.	-	-	-	2,9	-32,9	69,4	-11,1	61,4	-16,2	-	-	-	-147,30
Стандартне відхилення, S	-	-	-	68,34	63,99	56,42	40,79	43,96	73,21	-	-	-	189,13
Коефіцієнт істотності відхилень 2022 р.	-	-	-	0,0	-0,5	1,2	-0,3	1,4	-0,2	-	-	-	-0,78
ГТК													
Кількість у 2022 р.	-	-	-	1,40	0,70	0,59	0,56	0,79	1,50	-	-	-	0,83
Багаторічна норма	-	-	-	1,56	1,30	1,03	0,85	0,80	1,28	-	-	-	1,02
Відхилення від норми у 2022 р.	-	-	-	-0,15	-0,60	-0,44	-0,29	-0,01	0,22	-	-	-	-0,19
Стандартне відхилення, S	-	-	-	0,88	0,99	0,90	0,44	0,77	1,70	-	-	-	0,30
Коефіцієнт істотності відхилень 2022 р.	-	-	-	-0,2	-0,6	-0,5	-0,7	0,0	0,1	-	-	-	-0,64

Додаток А 2

Оцінка типовості погодних умов вегетаційного сезону 2023 р. за даними метеослужби АДС ВП НУБіП України

Показники	місяць												За вегетацію ячменю ярого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Опади, мм													
Кількість у 2023 р.	19,0	39,0	48,0	90,0	0,0	43,0	143,5	0,5	4,5	47,0	58,0	0,0	323,2
Багаторічна норма	34,6	36,9	33,9	32,1	60,9	58,8	55,9	49,6	47,6	41,6	34,6	44,1	305,1
Відхилення від норми у 2023 р.	- 15,6	2,1	14,1	57,9	-60,9	-15,8	87,6	-49,1	-43,1	5,4	23,4	-44,1	18,14
Стандартне відхилення, S	16,2	20,5	28,8	21,3	44,5	46,8	29,3	42,8	45,8	38,0	21,2	35,6	86,2
Коефіцієнт істотності відхилень 2023 р.	-1,0	0,1	0,5	2,7	-1,4	-0,3	3,0	-1,1	-0,9	0,1	1,1	-1,2	0,21
Сума активних температур, >10 С°													
Кількість у 2023 р.	-	-	-	131	365	428	670	694	554	-	-	-	2865,20
Багаторічна норма	-	-	-	218,1	479,9	586,6	656,1	633,6	438,2	-	-	-	3012,5
Відхилення від норми у 2023 р.	-	-	-	-87,1	-114,9	-158,6	13,9	60,4	115,8	-	-	-	-147,30
Стандартне відхилення, S	-	-	-	71,66	62,92	57,23	42,93	44,01	72,27	-	-	-	189,13
Коефіцієнт істотності відхилень 2023 р.	-	-	-	-1,2	-1,8	-2,8	0,3	1,4	1,6	-	-	-	-
ГТК													
Кількість у 2023 р.	-	-	-	6,87	0,00	1,00	2,14	0,01	0,08	-	-	-	0,83
Багаторічна норма	-	-	-	1,56	1,30	1,03	0,85	0,80	1,28	-	-	-	1,02
Відхилення від норми у 2023 р.	-	-	-	5,31	-1,30	-0,02	1,30	-0,79	-1,20	-	-	-	-0,19
Стандартне відхилення, S	-	-	-	0,99	0,99	0,90	0,44	0,77	1,70	-	-	-	0,30
Коефіцієнт істотності відхилень 2023 р.	-	-	-	5,4	-1,3	0,0	2,9	-1,0	-0,7	-	-	-	-0,64

Додаток А 3

Оцінка типовості погодних умов вегетаційного сезону 2024 р. за даними метеослужби АДС ВП НУБіП України

Показники	місяць												За вегетацію ячменю ярого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Опади, мм													
Кількість у 2024 р.	48,4	44,8	37,0	54,5	22,1	66,5	19,5	20,0	18,5	57,0	43,0	45,0	201,1
Багаторічна норма	34,5	37,4	34,7	37,2	57,5	60,3	56,1	47,8	44,6	43,3	36,3	44,7	308,0
Відхилення від норми у 2024 р.	13,9	7,4	2,3	17,3	-35,4	6,2	-36,6	-27,8	-26,1	13,7	6,7	0,3	-106,88
Стандартне відхилення, S	16,2	20,5	28,8	21,8	45,3	46,0	28,1	42,1	45,8	38,3	20,8	35,6	84,5
Коефіцієнт істотності відхилень 2024 р.	0,9	0,4	0,1	0,8	-0,8	0,1	-1,3	-0,7	-0,6	0,4	0,3	0,0	-1,27
Сума активних температур, >10 С°													
Кількість у 2024 р.	-	-	-	317,6	462,5	626,1	700	686,5	617,7	-	-	-	3410,40
Багаторічна норма	-	-	-	218,6	474,3	581,7	658,5	638,3	450,5	-	-	-	3005,1
Відхилення від норми у 2024 р.	-	-	-	99,0	-11,8	44,4	41,5	48,2	167,2	-	-	-	405,32
Стандартне відхилення, S	-	-	-	73,82	64,57	64,24	42,06	45,00	81,20	-	-	-	189,13
Коефіцієнт істотності відхилень 2024 р.	-	-	-	1,3	-0,2	0,7	1,0	1,1	2,1	-	-	-	2,14
ГТК													
Кількість у 2024 р.	-	-	-	1,72	0,48	1,06	0,28	0,29	0,30				0,59
Багаторічна норма	-	-	-	1,89	1,26	1,05	0,87	0,79	1,23				1,03
Відхилення від норми у 2024 р.	-	-	-	-0,17	-0,79	0,01	-0,60	-0,50	-0,93				-0,44
Стандартне відхилення, S	-	-	-	1,46	1,01	0,82	0,44	0,72	1,59				0,29
Коефіцієнт істотності відхилень 2024 р.	-	-	-	-0,1	-0,8	0,0	-1,3	-0,7	-0,6				-1,52

Додаток Б

Запаси доступної вологи в метровій товщі ґрунту залежно від попередників та основного обробітку ґрунту протягом вегетації ячменю ярого за 2021 р.

Попередники (А)	Основний обробіток ґрунту (В)	Запаси вологи								
		перед сівбою			цвітіння			перед збиранням		
		0-10	0-30	0-100	0-10	0-30	0-100	0-10	0-30	0-100
кукурудза на зерно	полицевий (к)	14,2	50,5	173,6	11,3	37,7	71,7	7,2	16,0	55,1
	Безполицевий мілкий	15,4	51,1	173,9	9,9	41,9	74,7	8,0	17,5	56,5
	Безполицевий поверхневий	16,1	52,2	174,4	10,6	42,0	73,4	7,5	18,7	53,7
Соя	полицевий (к)	14,3	53,3	175,9	11,1	40,7	72,6	7,0	17,6	57,2
	Безполицевий мілкий	16,1	55,2	176,9	11,2	43,3	75,1	8,2	19,6	60,7
	Безполицевий поверхневий	17,5	57,8	178,8	10,9	43,7	72,8	8,0	18,1	58,1
Ріпак озимий	полицевий (к)	14,4	61,0	180,1	11,6	43,5	73,9	8,7	19,2	59,3
	Безполицевий мілкий	15,8	62,9	182,8	11,5	42,9	74,8	8,7	19,9	62,4
	Безполицевий поверхневий	17,7	64,2	184,6	12,5	45,2	74,8	8,2	18,8	63,0
Соняшник	полицевий (к)	13,7	49,1	171,2	9,8	33,4	69,4	5,9	16,0	55,1
	Безполицевий мілкий	14,7	49,9	171,3	9,9	38,7	69,5	7,2	17,5	56,5
	Безполицевий поверхневий	15,2	51,0	171,8	10,2	39,1	69,6	6,7	18,7	53,8
НіР₀₅(АВ)		0,7	1,8	2,0	1,1	1,9	1,7	1,3	2,0	3,0
В середньому по попередниках										
Кукурудза на зерно		15,2	51,3	174,0	10,6	40,6	73,3	7,6	17,4	55,1
Соя		16,0	55,4	177,2	11,1	42,6	73,5	7,7	18,4	58,7
Ріпак озимий		16,0	62,7	182,5	11,9	43,9	74,5	8,5	19,3	61,5
Соняшник		14,5	50,0	171,4	9,9	37,1	69,5	6,6	17,4	55,2
НіР₀₅(А)		0,4	0,9	1,0	0,6	0,9	0,9	0,7	1,0	1,5
В середньому по основному обробітку ґрунту										
Полицевий (к)		14,1	53,5	175,2	10,9	38,8	71,9	7,2	17,2	56,6
Безполицевий мілкий		15,5	54,8	176,2	10,6	41,7	73,5	8,0	18,6	59,0
Безполицевий поверхневий		16,6	56,3	177,4	11,1	42,5	72,7	7,6	18,6	57,2
НіР₀₅(В)		0,3	1,1	1,2	0,7	1,1	1,0	0,8	1,1	1,7

Додаток Б 1

Запаси доступної вологи в метровій товщі ґрунту залежно від попередників та основного обробітку ґрунту протягом вегетації ячменю ярого за 2022 р.

Попередники (А)	Основний обробіток ґрунту (В)	Запаси вологи								
		перед сівбою			цвітіння			перед збиранням		
		0-10	0-30	0-100	0-10	0-30	0-100	0-10	0-30	0-100
кукурудза на зерно	Полицевий (к)	15,6	51,8	160,6	14,4	47,9	81,7	8,0	17,7	61,1
	Безполицевий мілкий	16,8	57,1	164,2	14,5	53,0	95,1	8,9	19,4	62,8
	Безполицевий поверхневий	17,5	56,2	155,0	13,9	53,8	93,0	8,8	20,8	59,6
Соя	Полицевий (к)	15,7	56,3	160,6	13,9	49,8	82,2	7,8	19,5	63,4
	Безполицевий мілкий	17,7	59,4	164,9	14,4	53,8	93,2	9,6	21,8	67,3
	Безполицевий поверхневий	17,6	58,3	154,8	15,0	54,3	93,9	9,1	20,1	64,5
Ріпак озимий	Полицевий (к)	15,7	57,2	167,5	13,9	50,9	82,2	7,8	21,3	65,8
	Безполицевий мілкий	17,7	58,6	167,5	14,4	54,1	93,2	9,6	22,1	69,2
	Безполицевий поверхневий	17,6	66,8	162,6	15,0	56,3	94,6	9,1	20,8	69,9
Соняшник	Полицевий (к)	15,7	51,8	158,3	13,4	44,1	72,6	6,6	17,7	60,9
	Безполицевий мілкий	17,4	57,1	157,4	14,2	53,1	75,2	8,0	19,4	62,0
	Безполицевий поверхневий	15,8	56,2	163,5	13,8	53,2	74,1	8,3	20,3	59,6
НіР₀₅(АВ)		1,1	3,3	4,1	1,6	2,4	2,3	1,5	2,1	3,2
В середньому по попередниках										
Кукурудза на зерно		16,6	55,0	159,9	14,3	51,5	89,9	8,6	19,3	61,2
Соя		17,0	58,0	160,1	14,4	52,6	89,7	8,8	20,4	65,1
Ріпак озимий		17,0	60,8	165,9	14,4	53,8	90,0	8,8	21,4	68,3
Соняшник		16,3	55,0	159,7	13,8	50,1	74,0	7,6	19,1	60,8
НіР₀₅(А)		0,5	1,6	2,0	0,8	1,2	1,1	0,7	1,1	1,6
В середньому по основному обробітку ґрунту										
Полицевий (к)		15,6	54,2	161,7	13,9	48,2	79,7	7,5	19,1	62,8
Безполицевий мілкий		17,4	58,0	163,5	14,4	53,5	89,2	9,0	20,6	65,3
Безполицевий поверхневий		17,1	59,4	159,0	14,4	54,4	88,9	8,8	20,5	63,4
НіР₀₅(В)		0,6	1,9	2,4	0,9	1,4	1,3	0,9	1,2	1,8

Додаток Б 2

Запаси доступної вологи в метровій товщі ґрунту залежно від попередників та основного обробітку ґрунту протягом вегетації ячменю ярого за 2023 р.

Попередники (А)	Основний обробіток ґрунту (В)	Запаси вологи								
		перед сівбою			цвітіння			перед збиранням		
		0-10	0-30	0-100	0-10	0-30	0-100	0-10	0-30	0-100
кукурудза на зерно	Полицевий (к)	13,1	47,3	134,5	14,9	46,6	79,8	7,5	16,9	60,6
	Безполицевий мілкий	14,1	49,9	140,1	14,1	53,5	90,4	7,7	17,4	63,8
	Безполицевий поверхневий	14,7	49,0	149,0	14,3	53,2	91,0	8,5	19,2	62,0
Соя	Полицевий (к)	13,2	47,3	136,6	14,8	48,8	79,2	7,6	17,6	59,8
	Безполицевий мілкий	14,6	50,1	146,9	14,3	54,1	92,2	8,5	19,6	63,0
	Безполицевий поверхневий	14,7	50,0	150,4	14,4	53,8	90,2	8,5	18,1	64,4
Ріпак озимий	Полицевий (к)	13,2	48,0	141,9	14,8	48,9	87,0	7,5	19,2	61,1
	Безполицевий мілкий	14,8	49,2	149,2	14,8	54,6	90,4	9,2	19,9	63,8
	Безполицевий поверхневий	14,7	56,1	149,6	14,6	53,8	91,8	8,7	18,7	63,2
Соняшник	Полицевий (к)	13,1	43,5	134,9	14,4	45,0	70,4	6,3	15,9	57,7
	Безполицевий мілкий	14,6	48,0	146,9	14,1	53,6	73,0	7,6	17,4	61,3
	Безполицевий поверхневий	13,3	47,2	150,4	14,2	53,7	71,9	8,0	18,7	58,7
НіР₀₅(АВ)		0,9	2,8	6,8	1,3	2,4	2,5	1,2	1,9	2,6
В середньому по попередниках										
Кукурудза на зерно		14,0	48,7	141,2	14,4	51,1	87,0	7,9	17,9	62,1
Соя		14,2	49,1	144,6	14,5	52,2	87,2	8,2	18,4	62,4
Ріпак озимий		14,3	51,1	146,9	14,7	52,4	89,7	8,5	19,3	62,7
Соняшник		13,7	46,2	144,0	14,2	50,8	71,8	7,3	17,4	59,2
НіР₀₅(А)		0,4	1,4	3,4	0,6	1,2	1,2	0,6	0,9	1,3
В середньому по основному обробітку ґрунту										
Полицевий (к)		13,1	46,5	137,0	14,7	47,3	79,1	7,2	17,4	59,8
Безполицевий мілкий		14,6	49,3	145,8	14,3	54,0	86,5	8,3	18,6	63,0
Безполицевий поверхневий		14,4	50,6	149,8	14,4	53,6	86,2	8,4	18,7	62,1
НіР₀₅(В)		0,5	1,6	3,9	0,7	1,4	1,4	0,7	1,1	1,5

Додаток Б 3

Запаси доступної вологи в метровій товщі ґрунту залежно від попередників та основного обробітку ґрунту протягом вегетації ячменю ярого за 2024 р.

Попередники (А)	Основний обробіток ґрунту (В)	Запаси вологи								
		перед сівбою			цвітіння			перед збиранням		
		0-10	0-30	0-100	0-10	0-30	0-100	0-10	0-30	0-100
кукурудза на зерно	Полицевий (к)	19,0	55,0	148,6	12,4	35,9	67,1	6,5	16,1	57,7
	Безполицевий мілкий	21,5	58,6	149,9	13,2	43,5	76,2	7,2	18,1	61,3
	Безполицевий поверхневий	22,2	66,9	163,7	12,6	43,6	77,1	7,6	17,2	58,7
Соя	Полицевий (к)	18,6	57,0	164,1	12,9	43,6	81,2	8,2	15,1	60,2
	Безполицевий мілкий	22,2	60,6	170,1	12,9	47,1	84,7	8,1	19,3	59,3
	Безполицевий поверхневий	20,2	59,6	173,8	12,5	49,9	84,8	8,0	18,1	60,0
Ріпак озимий	Полицевий (к)	18,3	62,3	161,0	13,9	40,6	78,5	8,2	14,9	60,4
	Безполицевий мілкий	18,9	68,7	179,9	13,5	44,7	86,5	8,4	17,8	60,1
	Безполицевий поверхневий	18,8	71,8	183,6	13,3	49,3	86,8	8,0	17,3	63,1
Соняшник	Полицевий (к)	17,3	44,4	133,6	12,6	37,4	67,0	7,9	15,1	53,5
	Безполицевий мілкий	17,9	51,9	150,6	12,2	41,2	70,4	8,1	16,4	53,1
	Безполицевий поверхневий	17,8	52,7	151,5	12,7	40,6	71,6	7,7	17,6	53,2
НіР₀₅(АВ)		1,1	2,8	4,4	1,3	1,6	1,8	1,8	2,1	5,9
В середньому по попередниках										
Кукурудза на зерно		20,9	60,2	154,1	12,7	41,0	73,4	7,1	17,2	59,2
Соя		20,3	59,1	169,3	12,8	46,9	83,5	8,1	17,5	59,8
Ріпак озимий		18,7	67,6	174,8	13,6	44,9	83,9	8,2	16,7	61,2
Соняшник		17,7	49,6	145,2	12,5	39,7	69,6	7,9	16,4	53,3
НіР₀₅(А)		0,5	1,4	2,2	0,7	0,8	0,9	0,9	1,1	3,0
В середньому по основному обробітку ґрунту										
Полицевий (к)		18,3	54,7	151,8	13,0	39,4	73,4	7,7	15,3	58,0
Безполицевий мілкий		20,1	59,9	162,6	12,9	44,1	79,4	8,0	17,9	58,4
Безполицевий поверхневий		19,7	62,7	168,2	12,8	45,8	80,1	7,8	17,5	58,7
НіР₀₅(В)		0,6	1,6	2,5	0,8	0,9	1,0	1,0	1,2	3,4

Додаток В

**Запаси доступної вологи в метровій товщі ґрунту залежно від попередників та основного обробітку ґрунту в полі
ячменю ярого в середньому за 2021–2024 рр.**

Система землеробства	Основний обробіток ґрунту (В)	Запаси вологи								
		перед сівбою			цвітіння			перед збиранням		
		0-10	0-30	0-100	0-10	0-30	0-100	0-10	0-30	0-100
кукурудза на зерно	Полицевий (к)	15,5	51,1	154,3	13,2	42,0	75,0	7,3	16,7	58,6
	Безполицевий мілкий	16,9	54,2	157,1	12,9	48,0	84,1	7,9	18,1	61,1
	Безполицевий поверхневий	17,6	56,1	160,5	12,9	48,1	83,6	8,1	19,0	58,5
Соя	Полицевий (к)	15,4	53,5	159,3	13,2	45,7	78,8	7,7	17,4	60,2
	Безполицевий мілкий	17,6	56,3	164,7	13,2	49,6	86,3	8,6	20,1	62,6
	Безполицевий поверхневий	17,5	56,4	164,4	13,2	50,4	85,4	8,4	18,6	61,7
Ріпак озимий	Полицевий (к)	15,4	57,1	162,6	13,6	46,0	80,4	8,0	18,7	61,6
	Безполицевий мілкий	16,8	59,8	169,9	13,5	49,1	86,2	9,0	19,9	63,9
	Безполицевий поверхневий	17,2	64,7	170,1	13,9	51,2	87,0	8,5	18,9	64,8
Соняшник	Полицевий (к)	15,0	47,2	149,5	12,5	40,0	69,8	6,7	16,2	56,8
	Безполицевий мілкий	16,1	51,7	156,5	12,6	46,6	72,0	7,7	17,7	58,2
	Безполицевий поверхневий	15,5	51,7	159,3	12,7	46,7	71,8	7,7	18,8	56,3
НіР₀₅(АВ)		0,9	2,7	4,6	1,3	2,1	2,1	1,5	2,0	3,9
В середньому по попередниках										
Кукурудза на зерно		16,7	53,8	157,3	13,0	46,0	80,9	7,8	17,9	59,4
Соя		16,9	55,4	162,8	13,2	48,6	83,5	8,2	18,7	61,5
Ріпак озимий		16,5	60,5	167,5	13,7	48,7	84,5	8,5	19,2	63,4
Соняшник		15,5	50,2	155,1	12,6	44,4	71,2	7,4	17,6	57,1
НіР₀₅(А)		0,5	1,4	2,3	0,7	1,1	1,0	0,7	1,0	2,0
В середньому по основному обробітку ґрунту										
Полицевий (к)		15,3	52,2	156,4	13,1	43,4	76,0	7,4	17,2	59,3
Безполицевий мілкий		16,9	55,5	162,0	13,1	48,3	82,1	8,3	18,9	61,4
Безполицевий поверхневий		17,0	57,2	163,6	13,2	49,1	82,0	8,2	18,8	60,3
НіР₀₅(В)		0,5	1,6	2,7	0,8	1,2	1,2	0,8	1,2	2,3

Додаток Д

Динаміка зміни загальної пористості ґрунту залежно від попередників та основного обробітку ґрунту, в середньому за 2021–2024 рр.

Попередник	Основний обробіток ґрунту (В)	Загальна пористість ґрунту								
		перед сівбою			цвітіння			перед збиранням		
		0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
кукурудза на зерно	Полицевий (к)	54,7	53,4	51,4	52,9	51,4	49,0	50,9	49,0	48,3
	Безполицевий мілкий	54,9	52,0	51,6	53,8	48,9	47,9	51,4	48,3	47,6
	Безполицевий поверхневий	55,0	52,1	51,4	53,2	49,8	48,4	50,4	48,4	47,6
Соя	Полицевий (к)	55,7	52,9	52,0	53,3	51,7	49,4	51,8	49,6	48,7
	Безполицевий мілкий	55,4	52,5	51,4	52,1	49,9	49,1	50,9	49,6	48,2
	Безполицевий поверхневий	55,3	52,2	50,9	51,7	49,5	48,7	50,8	48,8	48,0
Ріпак озимий	Полицевий (к)	57,6	55,9	53,3	54,5	52,1	50,2	52,6	50,5	49,4
	Безполицевий мілкий	57,9	55,8	52,0	52,9	50,4	49,0	51,3	49,3	48,2
	Безполицевий поверхневий	57,2	54,4	51,8	53,7	49,7	49,0	50,6	48,6	48,2
Соняшник	Полицевий (к)	56,8	55,1	52,9	54,1	51,7	50,2	53,0	50,4	49,8
	Безполицевий мілкий	56,6	53,7	52,2	52,1	50,1	49,4	51,8	49,1	47,9
	Безполицевий поверхневий	56,0	52,9	52,1	52,8	49,4	49,7	51,3	49,5	48,9
НіР₀₅(АВ)		1,1	0,6	0,7	1,3	0,7	1,3	1,3	0,7	1,1
В середньому по системах землеробства										
Кукурудза на зерно		54,9	52,5	51,5	53,3	50,0	48,4	50,9	48,6	47,8
Соя		55,4	52,5	51,4	52,4	50,4	49,1	51,2	49,4	48,3
Ріпак озимий		57,6	55,4	52,4	53,7	50,7	49,4	51,5	49,5	48,6
Соняшник		56,5	53,9	52,4	53,0	50,4	49,8	52,1	49,7	48,9
НіР₀₅(А)		0,6	0,3	0,3	0,6	0,3	0,6	0,6	0,4	0,5
В середньому по основному обробітку ґрунту										
Полицевий		56,2	54,3	52,4	53,7	51,7	49,7	52,1	49,9	49,1
Безполицевий мілкий		56,2	53,5	51,8	52,7	49,8	48,9	51,3	49,1	48,0
Безполицевий поверхневий		55,9	52,9	51,5	52,8	49,6	49,0	50,8	48,9	48,2
НіР₀₅(В)		0,6	0,4	0,4	0,7	0,4	0,7	0,7	0,4	0,6

Видовий спектр забур'яненості ячменю ярого, в середньому за 2021–2024 рр.

Попередники (А)	Основний обробіток грунту (В)	Лобода біла (Chenopodium album L.)	Метлюг звичайний (Apera spica-venti)	Курачі очки польові (Anagallis arvensis)	Гірчак виткий (Polygonum convolvulus L.)	Мишій сизий (Setaria glausa)	Берізка польова (Convolvulus arvensis)	Плоскуха звичайна (Echinochloa crus-galli)	Щириця загнута (Amaranthus retroflexus)	Вероніка плющиста (Veronica hederifolia)	Хвощ польовий (Equiseti arvensis)	Падалиця соняшника
Кукурудза на зерно (к)	Полицевий (к)	174	0	2	10	35	9	18	25	2	12	0
	Безполицевий мілкий	188	0	3	13	38	13	22	30	4	13	0
	Безполицевий поверхневий	197	0	6	16	41	16	25	32	8	17	0
Соя	Полицевий (к)	174	0	5	14	38	17	24	31	8	18	0
	Безполицевий мілкий	188	18	7	18	40	18	26	35	10	17	0
	Безполицевий поверхневий	197	19	8	20	46	20	29	38	12	24	0
Ріпак озимий	Полицевий (к)	166	0	1	5	24	6	14	21	6	8	0
	Безполицевий мілкий	178	4	2	8	29	9	18	26	8	12	0
	Безполицевий поверхневий	184	9	4	11	35	13	22	30	10	14	0
Соняшник	Полицевий (к)	166	0	4	13	36	15	18	27	2	14	4
	Безполицевий мілкий	178	0	5	16	39	17	23	32	5	17	37
	Безполицевий поверхневий	188	0	7	18	43	19	25	35	8	19	39

Додаток Л

Економічна ефективність вирощування ячменю ярого залежно від досліджуваних факторів за 2021 р.

Попередники (А)	Основний обробітки ґрунту (В)	Урожайність, т/га	Вартість продукції з 1 га	Виробничі витрати на 1 га, грн	Затрати праці на 1 га люд.год	Витрати пального на 1 га	Собівартість 1 т урожаю, грн	Затрати праці на 1 т урожаю люд.год	Окупність 1 т пального урожаєм т	Умовно чистий дохід з 1 га, грн	Рівень рентабельності, %
Кукурудза на зерно	Полицевий (к)	6,3	43785	18957,4	15,4	0,072	3009,1	2,4	0,011	24827,6	131,0
	Безполицевий мілкий	5,9	41178,75	17230,8	12,3	0,067	2908,2	2,1	0,011	23948,0	139,0
	Безполицевий поверхневий	4,7	32665	17107,3	10,7	0,057	3639,9	2,3	0,012	15557,7	90,9
Соя	Полицевий (к)	8,2	56990	16534,8	15,4	0,066	2016,4	1,9	0,008	40455,2	244,7
	Безполицевий мілкий	8,1	56295	15100,9	12,3	0,06	1864,3	1,5	0,007	41194,1	272,8
	Безполицевий поверхневий	7,4	51430	14992,7	10,7	0,053	2026,0	1,4	0,007	36437,3	243,0
Ріпак озимий	Полицевий (к)	7,4	51430	16995,1	15,4	0,069	2296,6	2,1	0,009	34434,9	202,6
	Безполицевий мілкий	7,5	52125	15432,8	12,3	0,063	2057,7	1,6	0,008	36692,2	237,8
	Безполицевий поверхневий	7,0	48650	14732,6	10,7	0,056	2104,7	1,5	0,008	33917,4	230,2
Соняшник	Полицевий (к)	6,9	47781,25	18105,3	15,4	0,071	2633,5	2,2	0,010	29676,0	163,9
	Безполицевий мілкий	6,8	47260	17360,7	12,3	0,068	2553,0	1,8	0,010	29899,3	172,2
	Безполицевий поверхневий	6,5	45175	16987,4	10,7	0,056	2613,4	1,6	0,009	28187,6	165,9
Середнє по попередниках											
Кукурудза на зерно		5,6	39209,6	17765,2	12,8	0,07	3185,7	2,3	0,012	21444,4	120,3
Соя		7,9	54905,0	15542,8	12,8	0,06	1968,9	1,6	0,008	39362,2	253,5
Ріпак озимий		7,3	50735,0	15720,2	12,8	0,06	2153,0	1,7	0,009	35014,8	223,5
Соняшник		6,7	46738,8	17484,5	12,8	0,07	2600,0	1,9	0,010	29254,3	167,4
Середнє по основному обробітку ґрунту											
Полицевий (к)		7,2	49996,6	17648,2	15,4	0,07	2488,9	2,2	0,010	32348,4	185,5
Безполицевий мілкий		7,1	49214,7	16281,3	12,3	0,06	2345,8	1,8	0,009	32933,4	205,4
Безполицевий поверхневий		6,4	44480,0	15955,0	10,7	0,06	2596,0	1,7	0,009	28525,0	182,5

Додаток Л 1

Економічна ефективність вирощування ячменю ярого залежно від досліджуваних факторів за 2022 р.

Попередники (А)	Основний обробітки ґрунту (В)	Урожайність, т/га	Вартість продукції з 1 га	Виробничі витрати на 1 га, грн	Затрати праці на 1 га люд.год	Витрати пального на 1 га	Собівартість 1 т урожаю, грн	Затрати праці на 1 т урожаю люд.год	Окупність 1 т пального урожаю т	Умовно чистий дохід з 1 га, грн	Рівень рентабельності, %
Кукурудза на зерно	Полицевий (к)	6,53	19917	26854,9	15,4	0,072	4112,5	2,4	0,011	-6938,4	-25,8
	Безполицевий мілкий	6,33	19307	26502,4	12,3	0,067	4186,8	1,9	0,011	-7195,9	-27,2
	Безполицевий поверхневий	5,1	15555	26133,3	10,7	0,057	5124,2	2,1	0,011	-10578,3	-40,5
Соя	Полицевий (к)	7,8	23790	24932,6	15,4	0,066	3196,5	2,0	0,008	-1142,6	-4,6
	Безполицевий мілкий	7,78	23729	24351,4	12,3	0,06	3130,0	1,6	0,008	-622,4	-2,6
	Безполицевий поверхневий	7,08	21594	24212,3	10,7	0,053	3419,8	1,5	0,007	-2618,3	-10,8
Ріпак озимий	Полицевий (к)	7,65	23333	25066,1	15,4	0,069	3276,6	2,0	0,009	-1733,6	-6,9
	Безполицевий мілкий	7,68	23424	24624,7	12,3	0,063	3206,3	1,6	0,008	-1200,7	-4,9
	Безполицевий поверхневий	7,23	22052	23522,6	10,7	0,056	3253,5	1,5	0,008	-1471,1	-6,3
Соняшник	Полицевий (к)	6,68	20374	26489,7	15,4	0,071	3965,5	2,3	0,011	-6115,7	-23,1
	Безполицевий мілкий	6,93	21137	25670,6	12,3	0,068	3704,3	1,8	0,010	-4534,1	-17,7
	Безполицевий поверхневий	6,43	19612	25611,8	10,7	0,056	3983,2	1,7	0,009	-6000,3	-23,4
Середнє по попередниках											
Кукурудза на зерно		6,0	18259,3	26496,9	12,8	0,07	4474,5	2,1	0,011	-8237,5	-31,2
Соя		7,6	23037,7	24498,8	12,8	0,06	3248,8	1,7	0,008	-1461,1	-6,0
Ріпак озимий		7,5	22936,0	24404,5	12,8	0,06	3245,5	1,7	0,008	-1468,5	-6,0
Соняшник		6,7	20374,0	25924,0	12,8	0,07	3884,3	1,9	0,010	-5550,0	-21,4
Середнє по основному обробітку ґрунту											
Полицевий (к)		7,2	21853,3	25835,8	15,4	0,07	3637,8	2,2	0,010	-3982,6	-15,1
Безполицевий мілкий		7,2	21899,0	25287,3	12,3	0,06	3556,9	1,7	0,009	-3388,3	-13,1
Безполицевий поверхневий		6,5	19703,0	24870,0	10,7	0,06	3945,2	1,7	0,009	-5167,0	-20,2

Додаток Л 2

Економічна ефективність вирощування ячменю ярого залежно від досліджуваних факторів за 2023 р.

Попередники (А)	Основний обробітки ґрунту (В)	Урожайність, т/га	Вартість продукції з 1 га	Виробничі витрати на 1 га, грн	Затрати праці на 1 га люд.год	Витрати пального на 1 га	Собівартість 1 т урожаю, грн	Затрати праці на 1 т урожаю люд.год	Окупність 1 т пального урожаєм т	Умовно чистий дохід з 1 га, грн	Рівень рентабельності, %
Кукурудза на зерно	Полицевий (к)	4,3	23726,3	21060,2	15,4	0,072	4926,4	3,6	0,017	2666,1	12,7
	Безполицевий мілкий	4,0	22338,8	20356,6	12,3	0,067	5057,5	3,1	0,017	1982,2	9,7
	Безполицевий поверхневий	4,2	23032,5	20046,3	10,7	0,057	4830,4	2,6	0,014	2986,2	14,9
Соя	Полицевий (к)	6,1	33993,8	18878,6	15,4	0,066	3082,2	2,5	0,011	15115,2	80,1
	Безполицевий мілкий	5,9	32745,0	18400,3	12,3	0,06	3118,7	2,1	0,010	14344,7	78,0
	Безполицевий поверхневий	5,7	31635,0	18310,0	10,7	0,053	3212,3	1,9	0,009	13325,0	72,8
Ріпак озимий	Полицевий (к)	5,5	30663,8	18745,9	15,4	0,069	3392,9	2,8	0,012	11917,9	63,6
	Безполицевий мілкий	5,4	29692,5	18475,9	12,3	0,063	3453,4	2,3	0,012	11216,6	60,7
	Безполицевий поверхневий	5,1	28443,8	18383,9	10,7	0,056	3587,1	2,1	0,011	10059,9	54,7
Соняшник	Полицевий (к)	4,6	25530,0	19864,2	15,4	0,071	4318,3	3,3	0,015	5665,8	28,5
	Безполицевий мілкий	4,9	27056,3	19620,6	12,3	0,068	4024,7	2,5	0,014	7435,7	37,9
	Безполицевий поверхневий	4,3	23726,3	19354,8	10,7	0,056	4527,4	2,5	0,013	4371,5	22,6
Середнє по попередниках											
Кукурудза на зерно		4,2	23032,5	20487,7	12,8	0,07	4938,1	3,1	0,016	2544,8	12,4
Соя		5,9	32791,3	18529,6	12,8	0,06	3137,7	2,2	0,010	14261,6	76,9
Ріпак озимий		5,3	29600,0	18535,2	12,8	0,06	3477,8	2,4	0,012	11064,8	59,7
Соняшник		4,6	25437,5	19613,2	12,8	0,07	4290,2	2,8	0,014	5824,3	29,7
Середнє по основному обробітку ґрунту											
Полицевий (к)		5,1	28478,4	19637,2	15,4	0,07	3930,0	3,1	0,014	8841,2	46,2
Безполицевий мілкий		5,0	27958,1	19213,4	12,3	0,06	3913,6	2,5	0,013	8744,8	46,6
Безполицевий поверхневий		4,8	26709,4	19023,8	10,7	0,06	4039,3	2,3	0,012	7685,6	41,2

Економічна ефективність вирощування ячменю ярого залежно від досліджуваних факторів за 2024 р.

Попередники (А)	Системи обробітку ґрунту (В)	Урожайність, т/га	Вартість продукції з 1 га	Виробничі витрати на 1 га, грн	Затрати праці на 1 га люд.год	Витрати пального на 1 га	Собівартість 1 т урожаю, грн	Затрати праці на 1 т урожаю люд.год	Окупність 1 т пального урожаєм т	Умовно чистий дохід з 1 га, грн	Рівень рентабельності, %
Кукурудза на зерно	Полицевий (к)	4,9	34968	22565,1	15,4	0,072	4581,7	3,1	0,015	12402,4	55,0
	Безполицевий мілкий	4,8	34258	20754,7	12,3	0,067	4301,5	2,5	0,014	13502,8	65,1
	Безполицевий поверхневий	5,1	35855	19010,6	10,7	0,057	3764,5	2,1	0,011	16844,4	88,6
Соя	Полицевий (к)	6,5	45795	18742,6	15,4	0,066	2905,8	2,4	0,010	27052,4	144,3
	Безполицевий мілкий	6,1	42955	18230,0	12,3	0,06	3013,2	2,0	0,010	24725,0	135,6
	Безполицевий поверхневий	6,2	43783	17988,9	10,7	0,053	2917,1	1,7	0,009	25794,4	143,4
Ріпак озимий	Полицевий (к)	6,0	42778	20031,1	15,4	0,069	3324,7	2,6	0,011	22746,4	113,6
	Безполицевий мілкий	6,0	42600	18548,8	12,3	0,063	3091,5	2,1	0,011	24051,2	129,7
	Безполицевий поверхневий	6,0	42600	18500,8	10,7	0,056	3083,5	1,8	0,009	24099,2	130,3
Соняшник	Полицевий (к)	5,1	35855	21387,5	15,4	0,071	4235,1	3,0	0,014	14467,5	67,6
	Безполицевий мілкий	5,4	38163	20604,9	12,3	0,068	3833,5	2,3	0,013	17557,6	85,2
	Безполицевий поверхневий	5,6	39760	18523,2	10,7	0,056	3307,7	1,9	0,010	21236,8	114,6
Середнє по попередниках											
Кукурудза на зерно		4,9	35026,7	20776,8	12,8	0,07	4215,9	2,6	0,013	14249,9	69,5
Соя		6,2	44177,8	18320,5	12,8	0,06	2945,4	2,1	0,010	25857,3	141,1
Ріпак озимий		6,0	42659,2	19026,9	12,8	0,06	3166,5	2,1	0,010	23632,3	124,5
Соняшник		5,3	37925,8	20171,9	12,8	0,07	3792,1	2,4	0,012	17754,0	89,2
Середнє по основному обробітку ґрунту											
Полицевий (к)		5,6	39848,8	20681,6	15,4	0,07	3761,8	2,8	0,013	19167,2	95,1
Безполицевий мілкий		5,6	39493,8	19534,6	12,3	0,06	3559,9	2,2	0,012	19959,2	103,9
Безполицевий поверхневий		5,7	40499,6	18505,9	10,7	0,06	3268,2	1,9	0,010	21993,7	119,2

Список публікацій за темою дисертації

Статті в наукових фахових виданнях

1. **Pavlova Ya.**, Litvinov D. The influence of previous crops and tillage on available moisture reserves of chernozem typical for growing spring barley. *Plant and Soil Science*, 2024, № 15(2), 32–41. <https://doi.org/10.31548/plant2.2024.32> (Павловою Я. С. взято участь у закладці та проведенні польових досліджень згідно схеми, здійснено аналіз отриманих результатів. Літвіновим Д. В. здійснено методичний супровід).

2. Павлова Я. С. Об'ємна маса ґрунту залежно від попередників та його обробітку за вирощування ячменю ярого в Правобережному Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 122–127. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.18>.

3. **Павлова Я. С.**, Танчик С. П. Актуальна забур'яненість ячменю ярого за різних попередників та основного обробітку ґрунту в Правобережному Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 140. С. 197–203 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.26> (Павловою Я. С. взято участь у закладці та проведенні польових досліджень згідно схеми, здійснено аналіз отриманих результатів. Танчиком С. П. здійснено методичний супровід).

Тези доповідей наукових конференцій

1. **Павлова Я. С.**, Літвінов Д. В. Урожайність ячменю ярого залежно від попередників та обробітку ґрунту в правобережному лісостепу України // *Інноваційні напрями розвитку технологій управління землями сільськогосподарського призначення: теорія та практика: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів*, 27 листопада 2023 р., Київ, 2023. С. 86. <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2025/01/innovative-areas-of-development-2.pdf> (Павловою Я. С. взято участь у закладці та проведенні польових досліджень згідно схеми, здійснено аналіз отриманих результатів. Літвіновим Д. В. здійснено методичний супровід).

2. Павлова Я. С. Динаміка нітратного азоту в ґрунті в посівах ячменю ярого залежно від попередників у Правобережному Лісостепу України. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Продовольча безпека України. Збереження та відновлення ґрунтових і рослинних ресурсів»*. м. Київ, 22–23 травня 2025 року, С. 183–187. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33546.58561>

АКТ

Впровадження науково-технічного дослідження (НТД) як результат закінченої науково-дослідної чи дослідно-конструктивної роботи (НДР чи ДКР)

1. Назва НДР: Оптимізація основного обробітку ґрунту при вирощуванні ячменю ярого за різних попередників у Правобережному Лісостепу України.

2. Впровадження запропоноване аспіранткою кафедри землеробства та геобіології Національного університету біоресурсів і природокористування України Павловою Я. С.

3. Коротка характеристика та зміст впровадження: застосування раціонального варіанту основного обробітку ґрунту та попередника в технології вирощування ячменю ярого з метою покращення основних параметрів родючості чорнозему типового середньо-суглинкового та отримання економічно та енергетично доцільної урожайності культури:

- використовувати як попередник для культури – сою;
- основний обробіток проводити безполіцевим способом дисковими боронами на глибину 14–16 см.

4. Місце впровадження: ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», с. Пшеничне Білоцерківського району Київської області.

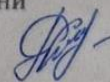
5. Рік і обсяг впровадження: 2025 рік на площі 11,5 га.

6. За результатами проведених виробничих випробувань отримано вищий результат врожайності на 1,2 т/га, у результаті чого забезпечило найвищу рентабельність вирощування ячменю ярого – 111,0 %.

7. Відповідальні:

А) Від вищого навчального закладу:

Аспірантка кафедри землеробства та геобіології Національного університету біоресурсів і природокористування України



Павлова Я. С.

Б) Директор ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», с. Пшеничне Білоцерківського району Київської області



Росамаха Ю. О.

АКТ

Впровадження науково-технічного дослідження (НТД) як результат закінченої науково-дослідної чи дослідно-конструктивної роботи (НДР чи ДКР)

1. Назва НДР: Оптимізація основного обробітку ґрунту при вирощуванні ячменю ярого за різних попередників у Правобережному Лісостепу України.

2. Впровадження запропоноване аспіранткою кафедри землеробства та геобіології Національного університету біоресурсів і природокористування України Павловою Я. С.

3. Коротка характеристика та зміст впровадження: застосування раціонального варіанту основного обробітку ґрунту та попередника в технології вирощування ячменю ярого з метою покращення основних параметрів родючості чорнозему типового середньо-суглинкового та отримання економічно та енергетично доцільної урожайності культури:

- використовувати як попередник для культури – сою;
- основний обробіток проводити безполицевим способом дисковими боронами на глибину 14–16 см.

4. Місце впровадження: ФОП Полотняк Василь Борисович, с. Красилівка Білоцерківського району Київської області.

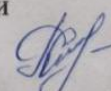
5. Рік і обсяг впровадження: 2025 рік на площі 20 га.

6. За результатами проведених виробничих випробувань отримано вищий результат врожайності на 1,0 т/га, у результаті чого забезпечило найвищу рентабельність вирощування ячменю ярого – 105,2%.

7. Відповідальні:

А) Від вищого навчального закладу:

Аспірантка кафедри землеробства та геобіології Національного університету біоресурсів і природокористування України

 Павлова Я. С.

Б) ФОП Полотняк Василь Борисович, с. Красилівка Білоцерківського району Київської області

 Полотняк В. Б.

