

DOI: 10.32636/01308521.2023-(74)-1-10

УДК 633.16:631.895:631.582

**М. М. ЩЕРБА, науковий співробітник**

**О. Й. КАЧМАР, А. О. ДУБИЦЬКА, О. В. ВАВРИНОВИЧ, кандидати с.-г. наук**

**О. В. ТАРАВСЬКА, провідний фахівець**

Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН

*вул. Грушевського, 5, с. Оброшине Львівського р-ну Львівської обл.,*

*81115, e-mail: oksanaostrowska@ukr.net*

## **ВПЛИВ УДОБРЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ СІВОЗМІНАХ**

Досліджено водно-фізичний, поживний режим ґрунту, врожайність і якісні показники зерна ячменю ярого, фітосанітарний стан його посівів у різних видах сівозмін за інтенсивної й альтернативної систем удобрення. Встановлено, що в усіх експериментальних сівозмінах максимальну врожайність зерна (3,50–3,91 т/га) з перевищенням контролю на 1,44–1,58 т/га отримано в умовах використання безпосередньо під культуру  $N_{60}P_{60}K_{60}$  і зорювання під попередники один раз за ротацію 40 т/га гною. Вищу врожайність формували рослини в зерно-просапній сівозміні з 50-відсотковим насиченням зерновими колосовими. У зерно-кормовій сівозміні, насиченій 75 % колосових, урожайність була нижчою на 10,5 %. Кращим попередником для ячменю ярого була картопля, після якої на контролі (без добрив) отримано на 0,10–0,27 т/га вищий врожай, ніж після пшениці озимої, а за використання органо-мінеральних систем удобрення надвишок становив 0,17–0,41 т/га. Найвищу масу 1000 насінин ячменю ярого (40,7–43,3 г), натуру зерна (563–589 г/л), вміст білка (10,53–11,00 %) одержано на варіанті післядії гною (40 т/га) і безпосереднього застосування під культуру добрив у нормі  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Зерно нижчої якості отримали на неудобрененому варіанті. Аналіз впливу попередника і виду сівозміни показав переваги в накопиченні білка (9,11 % на контролі) за вирощування ячменю ярого у плодозмінній сівозміні після попередника картопля.

У всі роки п'ятирічного періоду досліджень на час сходів ячменю ярого запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту були достатніми для росту і розвитку рослин. Залежно від виду сівозміни і попередників середні їх значення були в межах від 31,0 до 36,1 мм. Із глибиною відбору зразків ці показники зростали і в шарі 20–40 см становили 36,3–40,4 мм. Вищий рівень вологонагромадження забезпечували системи удобрення. В орному і підорному шарах ґрунту на варіантах альтернативної системи удобрення порівняно до контролю їх значення були вищими на 6,7 і 5,1 % у зерно-кормовій та на 6,8 і 6,3 % у плодозмінній сівозмінах, інтенсивної – відповідно на 11,1 і 8,9 % та на 9,6 і 8,0 %. З проходженням подальших фаз вегетації значення вологості ґрунту змінювалися залежно від випадання опадів,

© Щерба М. М., Качмар О. Й., Дубицька А. О.,  
Вавриневич О. В., Таравська О. В., 2023

інтенсивності її використання культурами сівозмін та різних рівнів удобрення.

Щільність будови ґрунту під ячменем ярим збільшувалася протягом його вегетації й найнижчою була в початковий період розвитку. Зокрема в фазі сходів у шарі 0–10 см її середні значення змінювалися від 1,12 до 1,18 г/см<sup>3</sup> у горизонті 10–20 та в межах 1,22–1,24 та 1,32–1,34 г/см<sup>3</sup> у пласті 20–30 см. Застосування інтенсивної (гній + мінеральні добрива) і альтернативної (зелена маса післяжнивної редьки олійної + побічна продукція попередника + мінеральні добрива) систем удобрення стримувало процес ущільнення і забезпечувало у шарі ґрунту 0–10 см нижчі на 4,46–2,65 % значення об'ємної маси після пшениці озимої і на 3,5–1,72 % після картоплі порівняно до контролю без удобрення.

Поживний режим ґрунту в посівах ячменю ярого залежав від систем удобрення, виду сівозмін та попередника. Найвищий уміст лужногідролізного азоту (123,1–124,3 мг/кг ґрунту), рухомого фосфору (127,2–128,1 мг/кг ґрунту) й обмінного калію (112,8–114,4 мг/кг ґрунту) в орному шарі був у фазі сходів на варіанті використання 40 т/га гною під попередники в сівозміні і безпосереднього внесення під культуру мінерального удобрення в дозі N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

Збільшення в сівозміні питомої ваги колосових культур створювало умови до погіршення гербологічного стану посівів ячменю. Найвища забур'яненість культури (401 шт./м<sup>2</sup> бур'янів у фазі сходів, 330 шт./м<sup>2</sup> – колосіня, 91 шт./м<sup>2</sup> – повної стиглості) формувалася на варіанті контролю в зерно-кормовій сівозміні за насичення 75 % колосовими культурами. Застосування органо-мінеральних систем у сівозміні та їх мінеральної складової під ячмінь ярий сприяло зниженню кількості сегеталів у культурі та підвищувало її конкурентоспроможність.

Найвищу ураженість посівів ячменю ярого кореневими гнилями (23,8 %), септоріозом колосу (14,1 %) та фузаріозом колосу (7,2 %) спостерігали після попередника пшениці озимої у зерно-кормовій сівозміні. Нижчий розвиток хвороб відзначено за вирощування культури після картоплі у плодозмінній та зерно-просапній сівозмінах.

**Ключові слова:** сівозміни, попередники, удобрення, ячмінь ярий, урожайність, продуктивна вологість, щільність ґрунту, поживний режим, забур'яненість, хвороби.

**Mariia Shcherba, Oksana Kachmar, Anhelina Dubytska, Oksana Vavrynovych, Oksana Taravska**

Institute of Agriculture of Carpathian Region of NAAS

**Effect of fertilizer on formation of spring barley productivity in short rotation crop rotations**

The water-physical and nutrient regimes of the soil, the yield and quality indicators of spring barley grain, the phytosanitary condition of its crops in different types of crop rotation under intensive and alternative fertilization systems were studied. It was found that in all experimental crop rotations, the maximum grain yield (3.50–3.91 t/ha) exceeding the control by 1.44–1.58 t/ha was obtained under conditions of use directly N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> under the culture and plowing once per rotation of 40 t/ha of manure under the predecessors. Higher yield was formed by plants in

grain-row crop rotation with 50 percent saturation with grain ears. In the grain-forage crop rotation saturated with 75 % of grain crops, the productivity was lower by 10.5 %. The best predecessor for spring barley was potatoes, after which the yield was 0.10–0.27 t/ha higher in the control (without fertilizers) than after winter wheat, and with the introduction of organo-mineral fertilization systems the surplus was 0.17–0.41 t/ha. In spring barley grain, the highest mass of 1000 grains (40.7–43.3 g), grain nature (563–589 g/l), and protein content (10.53–11.00 %) were obtained in the manure aftertreatment option (40 t/ha) and direct application of fertilizers to the culture in the norm of  $N_{60}P_{60}K_{60}$ . Grain of lower quality was obtained on the unfertilized version. The analysis of the influence of the predecessor and the type of crop rotation showed advantages in the accumulation of protein (9.11 % in the control) for growing spring barley in a crop rotation after the predecessor potato.

In all years of the five-year research period, at the time of germination of spring barley, the reserves of productive moisture in the arable layer of the soil were sufficient for the growth and development of plants. Depending on the type of crop rotation and predecessors, their average values ranged from 31.0 to 36.1 mm. With the depth of sampling, these indicators increased and in the 20–40 cm layer amounted to 36.3–40.4 mm. Fertilizer systems provided a higher level of moisture accumulation. In the arable and sub-arable layers of the soil, on the variants of the alternative fertilization system, compared to the control, their values were higher by 6.7 and 5.1 % in grain fodder and by 6.8 and 6.3 % in crop rotation, on the variants of the intensive fertilization system by 11.1 and 8.9 % and by 9.6 and 8.0 % respectively. With the passage of subsequent phases of vegetation, soil moisture values changed depending on precipitation, the intensity of its use by crop rotations, and different levels of fertilization.

The density of the soil structure under spring barley increased during its growing season and was the lowest in the initial period of development. In particular, during the growth period in the 0–10 cm layer, its average values varied from 1.12 to 1.18 g/cm<sup>3</sup> in the 10–20 horizon and within 1.22–1.24 and 1.32–1.34 g/cm<sup>3</sup> in a 20–30 cm layer. The use of intensive (manure + mineral fertilizers) and alternative (green mass of post-harvest oil radish + precursor by-products + mineral fertilizers) fertilization systems restrained the compaction process and provided 4.46–2.65 % lower values of capacity after winter wheat and by 3.5–1.72 % after potatoes compared to the control without fertilizer.

The nutrient status of the soil in spring barley crops depended on fertilization systems, the type of crop rotation and the predecessor. The highest content of alkaline hydrolysed nitrogen (123.1–124.3 mg/kg soil), mobile phosphorus (127.2–128.1 mg/kg soil) and exchangeable potassium (112.8–114.4 mg/kg soil) in the arable layer was in the seedling phase on the option of using 40 t/ha of manure for predecessors in crop rotation and direct application of mineral fertilizer in a dose of  $N_{60}P_{60}K_{60}$  to the crop.

An increase in the specific weight of ear crops in crop rotation created conditions for the deterioration of the herbological condition of barley crops. The highest weediness of the crop (401 pcs of weeds per 1 m<sup>2</sup> in the seedling phase, 330 pcs/m<sup>2</sup> – earing phase, 91 pcs/m<sup>2</sup> – full maturity phase) was formed on the control option in the grain-forage rotation with saturation of 75 % ear crops. The use of

organo-mineral systems in crop rotation and their mineral component under spring barley helped to reduce the number of segetals in the culture and increased its competitiveness.

The highest incidence of spring barley crops with root rot (23.8 %), ear septoriosiis (14.1 %) and ear fusarium (7.2 %) was observed after the predecessor of winter wheat in grain-forage crop rotation. The lower development of diseases was noted for the cultivation of the crop after potatoes in crop and grain-row rotations.

**Keywords:** crop rotations, predecessors, fertilizers, spring barley, productivity, productive moisture, soil density, nutrient regime, weediness, diseases.

**Вступ.** Для вирішення проблеми збільшення і стабілізації виробництва зерна в Україні значну увагу приділяють підвищенню врожайності ячменю ярого, оскільки ця культура є стратегічно важливою і за посівними площами посідає третє місце після пшениці та кукурудзи. Ячмінь ярий – важлива продовольча, кормова та технічна культура. Зерно ячменю незамінне як сировина для пивоварної промисловості та кормовиробництва. За даними ФАО, з 130–150 млн т щорічних валових зборів ячменю 42–48 % використовують на промислову переробку, 16 % – на кормові цілі, 15 % – на харчові і 6–8 % – у пивоварінні [4, 5]. Поряд із кукурудзою ячмінь є одним із основних компонентів концентрованого корму в раціонах годівлі високопродуктивних сільськогосподарських тварин. Зерно ячменю ярого містить до 15 % білка, 75 % вуглеводів, 2 % жиру, до 3 % зольних елементів. В 1 кг зерна міститься 1,2 к. од. і 100 г перетравного протеїну. Важливо, що білок є повноцінним за амінокислотним складом, а за вмістом таких амінокислот, як лізин (5,5 г на 1 кг зерна), триптофан (1,7 г на 1 кг зерна), метіонін (2,0 г на 1 кг зерна) і цистин (1,9 г на 1 кг зерна) він переважає білок зерна всіх інших злакових культур [15, 28].

Ячмінь ярий є однією з найпоширеніших зернових культур у світі загалом і в Україні зокрема. За обсягами виробництва та експортування ячменю Україна входить до п'ятірки найпотужніших світових виробників цієї культури разом з Німеччиною, Канадою та Францією. Посівні площі ячменю, за даними ФАО, у світовому землеробстві становлять близько 80 млн га, що займає четверте місце серед хлібних злаків після пшениці, рису та кукурудзи. Найбільш поширений він у США, Канаді, Індії, Туреччині, Франції. Валовий збір зерна ячменю становить близько 160 млн т на рік, а частка України у світовому виробництві ячменю дорівнює 8 % [18, 19].

Розроблені раніше технології не давали можливості отримати високий рівень його врожайності з належними показниками якості і в умовах нових економічних відносин є низькорентабельними. У зв'язку з цим виникає потреба науково обґрунтувати агротехнічні основи

оптимізації технологій вирощування ячменю ярого на кормові цілі за інтенсивною технологією для підвищення продуктивності агрофітоценозів та стабілізації виробництва. Важливим резервом збільшення врожайності зерна та показників якості ячменю ярого є вирощування в науково обґрунтованих сівозмінах та застосування мінеральних і органічних добрив, які дадуть можливість найповніше реалізувати потенційні можливості культури [5, 9].

Технологічне значення сівозмін полягає у правильному чергуванні різних за своїми біологічними вимогами рослин, за яких для кожної культури створюються найкращі умови росту і розвитку. Правильно складена сівозміна має неабияке значення для підвищення ефективності землеробства, зростання врожайності і рентабельності сільськогосподарського виробництва. Така роль сівозмін у сучасному землеробстві обумовлена передусім біологічними особливостями польових культур. Різні рослини або їх групи вимагають неоднакових умов водного чи поживного режимів ґрунту й водночас самі впливають на властивості останнього. Сівозміна залишається головним профілактичним заходом, який дає змогу різко обмежити шкідливість шкідників і хвороб, оскільки її ігнорування, насичення окремими культурами порушує біологічну рівновагу ґрунту, сприяє накопиченню специфічних фітопатогенних мікроорганізмів [17].

**Матеріали і методи.** Польові дослідження виконано в довготривалому двофакторному стаціонарному досліді Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН з вивчення 9 польових різноротаційних сівозмін (3-4-5-пільні) із насиченням зерновими культурами від 50 до 100 %, на варіантах сумісного застосування гною з мінеральними добривами; соломи, сидератів і мінеральних добрив. Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий поверхнево оглеений з вмістом гумусу в орному (0–20 см) шарі 1,60–1,71 %, легкогідролізного азоту – 92–99, рухомого фосфору та обмінного калію – відповідно 108–111 і 93–95 мг/кг ґрунту, сумою вбирних основ – 4,4–5,0 мг-екв/100 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину кисла:  $pH_{KCl}$  – 4,70–4,84, гідролітична кислотність – 2,26 мг-екв/100 г ґрунту.

Кількість досліджуваних факторів – 2. Ділянки першого порядку – короткоротаційні сівозміни, другого – удобрення. Загальна площа ділянки за сівозмінним фактором становить 972 м<sup>2</sup> (72 м x 13,5 м), за удобренням: загальна – 96 м<sup>2</sup> (12 м x 8 м), облікова – 60 м<sup>2</sup> (10 м x 6 м). Розміщення варіантів і повторень систематичне. Вхідження культур у сівозміну здійснювали одночасно всіма полями. Повторність триразова. Мінеральні добрива вносили відповідно до схеми досліду. Дослідження включали дві системи удобрення:

інтенсивну (використання на гектар сівозмінної площі в чотирипільних сівозмінах 10 т гною й мінеральних добрив на рівні  $N_{45,2-67,5}P_{60-75}K_{60-75}$ , у п'ятипільних – 8 т гною й  $N_{69}P_{77}K_{77}$ ) і альтернативну (одноразове заорювання за ротацію зеленого удобрення (редька олійна), соломи попередника й  $N_{30-45}P_{41,2-48,7}K_{41,2-48,7}$  у чотирипільних і  $N_{46,5}P_{48,5}K_{48,5}$  у п'ятипільних сівозмінах). За контроль взято варіант, де добрив не вносили.

Для забезпечення рослин ячменю ярого поживними елементами добрива вносили в основне удобрення та під час сівби. Фосфорні й калійні добрива у вигляді суперфосфату ( $P_2O_5$  – 18 %) і калію хлористого ( $K_2O$  – 60 %) вносили під основний обробіток ґрунту. Навесні проводили передпосівний обробіток ґрунту, який передбачав культивування на глибину 6–8 см з прикочуванням для забезпечення оптимальних умов сівби на задану глибину. Під передпосівну культивування вносили азотні добрива у вигляді аміачної селітри ( $N$  – 34,0 %).

Об'єктом дослідження були посіви ячменю ярого сорту Княжий, які вирощували у плодозмінній, зерно-кормовій, зерно-просапній чотирипільних і в зерно-просапній п'ятипільній сівозмінах. Безпосередньо під культуру за інтенсивної системи удобрення застосовували  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , за альтернативної –  $N_{30}P_{30}K_{30}$  + заорювання соломи попередника.

Відбір ґрунтових проб та підготовку їх до аналізів здійснювали згідно з ДСТУ 4287:2004 та ДСТУ ISO 11464-2001 у динаміці з шарів 0–20, 20–40 см. У відібраних зразках визначали вміст легкогідролізного азоту за ДСТУ 7863:2015, рухомого фосфору та обмінного калію – за ДСТУ 4405:2005.

Щільність будови визначали за ДСТУ ISO 11508:2005. Польову вологість ґрунту аналізували термостатно-ваговим методом згідно з ДСТУ ISO 11465:2001, запаси продуктивної вологи – розрахунковим методом.

Вміст білка визначали за ДСТУ 4117:2007, масу 1000 насінин – за ДСТУ ISO 520:2015, натуру зерна – за ГОСТ 10840-64.

Кількісно-видовий склад бур'янів досліджували на постійно встановлених облікових ділянках з площею 0,25 м<sup>2</sup> у 4-кратній повторності за фазами вегетації культури.

Дослідження ураженості ячменю ярого хворобами проводили у фазі колосіння – початок цвітіння за «Методиками випробування і застосування пестицидів» [21].

Збирання врожаю ячменю ярого проводили подільночно прямим комбайнуванням («Сампо-130») з перерахунком на стандартну вологість та чистоту кожного варіанта.

Результати досліджень узагальнювали методом дисперсійного аналізу із застосуванням програм математичної обробки Excel, Statistica 10.0.

Погодні умови за роки досліджень дещо відрізнялися від середньобагаторічних. Так, опадів за вегетаційний період 2016; 2017; 2020 рр. випало на 73; 144; 47 мм менше від норми, тоді як у 2018 р. їх за цей період випало 400 мм, що на 38 мм більше від середньобагаторічних показників. У 2019 р. кількість опадів була в межах норми. Температура повітря за вегетаційний період ячменю ярого в усі роки досліджень (2016–2020 рр.) була вища на 4,6; 8,2; 17,3; 11,5; 6,0 °С від середніх багаторічних. Найвищі плюсові значення температурного режиму відзначено у 2018 р.

**Результати та обговорення.** Роль води в процесах, що протікають у ґрунті, багатогранна, і її складно переоцінити. Перенесення поживних речовин та енергії, формування умов існування та живлення рослин (доступність поживних елементів та їх концентрація), газовий режим, значення агрофізичних показників – все це визначається вологістю або залежить від неї. Оптимальна вологість ґрунту для сільськогосподарських культур – запорука високого врожаю.

Волога є головним чинником, що визначає зростання, розвиток і врожайність ячменю ярого. Для набухання його насіння і появи сходів навесні їм потрібно не менше 50 % води від маси зерна, чим швидше і більше води насіння поглинає при набуханні, тим воно швидше проросте. За вологості ґрунту менше 30 % повної вологоємності проростання зерен ячменю майже припиняється. Серед хлібних злаків першої групи він є відносно посухостійкою культурою, його транспіраційний коефіцієнт близько 300–450 [35]. Він економніше, ніж пшениця яра й овес, витрачає воду на утворення органічної речовини. Проте слід враховувати, що в ячменю на початку вегетації недостатньо розвивається коренева система і рослини погано витримують весняну посуху. У зв'язку з цим його треба сіяти в перші дні весняно-польових робіт у достатньо вологий ґрунт. Найбільш вимогливий ячмінь ярий до вологи в періоди вихід у трубку, колосіння, цвітіння і початку формування зерна. Дослідженнями встановлено, що найбільше зниження врожаю від засухи у злаків спостерігали в період формування пилку, вони виявляються безплідними, збільшується число необпелених колосків. Дія добрив також пов'язана і з кількістю вологи у період максимальної потреби в елементах живлення. Якщо в ґрунті вологи недостатньо, то внесені добрива, у зв'язку з низькою інтенсивністю їхнього надходження в рослини та послабленням всіх фізіологічних процесів, зменшують свою ефективність. За достатньої кількості

грунтової вологи складаються сприятливі умови для росту й розвитку ячменю ярого, а в кінцевому підсумку підвищується його врожайність. Разом з тим він дуже чутливий до надмірної вологості та різко знижує свою врожайність на заболочених ґрунтах, недостатньо пухких, з близьким заляганням ґрунтових вод. Надмірне зволоження в період сівба – колосіння сприяє розвитку грибкових захворювань, виляганню посівів і в підсумку призводить до зниження врожаїв.

Важливе значення в першій період вегетації ячменю ярого має зволоження верхнього шару ґрунту, коли коренева система його починає формуватися, і тільки за наявності 30 мм вологи в 30-сантиметровому шарі ґрунту ми отримуємо дружні сходи культури.

Дослідження щодо вивчення вмісту польової та запасу продуктивної вологи в посівах ячменю ярого проводили в зерно-кормовій і плодозмінній сівоzmінах після попередників пшениця озима, картопля. Одержані дані в середньому за п'ять років досліджень показують, що вологість ґрунту під ранніми ярими культурами на початку їх вегетації знаходилася на достатньому рівні і сприяла отриманню повних, дружних сходів.

На період сходів ячменю ярого вміст польової вологи в шарі ґрунту 0–20 см становив 16,4–17,0 %, продуктивної – 31,0–32,5 мм, у 20–40 см – 18,0–18,4 % і 36,3–37,1 мм і практично не залежав від попередників. Застосування систем удобрення, мінеральні добрива в дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  і післядія гною, внесеного під попередники, сприяла нагромадженню вищих величин вологості (табл. 1), що становили після різних попередників 18,1–19,3 % і 34,0–336,1 мм, на альтернативних системах – 17,5–18,3 % та 33,1–34,7 мм в орному шарі в середньому за п'ять років досліджень. Відомо, що ячмінь ярий вимогливий до вологи в період колосіння, цвітіння і молочної стиглості зерна. Дослідження-ми встановлено, що в фазі колосіння культури вологозапаси ґрунту були високі, що дало можливість забезпечити рослини достатньою кількістю вологи для формування високого рівня продуктивності зерна. Польова вологість у фазі колосіння в орному шарі на контроль-ному варіанті (без добрив) становила 17,6–18,2 %, продуктивна – 33,7–35,3 мм, у нижньому (20–40 см) 18,7–19,3 % і 37,3–38,4 мм. Застосування мінеральних добрив за нормою  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , які внесено безпосередньо під культуру, в зерно-кормовій сівоzmіні збільшувало накопичення продуктивної вологи на 6,6 %, польової – на 10,4 %, у плодозмінній – відповідно 5,9 та 7,9 % у шарі ґрунту 0–20 см. На варіанті використання альтернативної системи удобрення в зерно-кормовій сівоzmіні безпосереднє застосування під ячмінь  $N_{30}P_{30}K_{30}$  і заорювання соломи пшениці озимої сприяло збільшенню польової і продуктивної вологи на 4,4 і 5,1 %. У



плодозмінній сівозміні за внесення тільки мінеральних добрив ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ) під культуру ці показники збільшувалися відповідно на 2,8 і 3,3 % порівняно до неудобреного варіанта.

### 1. Вміст польової (%) та запас продуктивної вологи (мм) у ґрунті впродовж вегетації ячменю ярого, середнє за 2016–2020 рр.

№ сівозміни	Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Період визначення					
			сходи		колосіння		повна стиглість	
			%	мм	%	мм	%	мм
Зерно-кормова, попередник пшениця озима (75 % н. з. к.)								
3	Контроль	0–20	17,0	32,5	18,2	34,8	15,3	29,5
		20–40	18,4	37,1	19,3	38,4	16,9	34,7
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	0–20	19,3	36,1	20,1	37,1	17,6	33,7
		20–40	20,1	40,4	21,8	41,4	18,8	38,7
	$N_{30}P_{30}K_{30}$ + п. п.	0–20	18,3	34,7	19,0	36,6	16,5	32,1
		20–40	19,4	39,0	20,0	40,9	17,7	35,6
Плодозмінна, попередник картопля (50 % н. з. к.)								
4	Контроль	0–20	16,4	31,0	17,6	33,7	14,5	27,7
		20–40	18,0	36,3	18,7	37,3	16,0	33,5
	$N_{60}P_{60}K_{60}$	0–20	18,1	34,0	19,0	35,7	16,8	32,8
		20–40	19,5	39,2	20,4	40,1	18,1	36,8
	$N_{30}P_{30}K_{30}$	0–20	17,5	33,1	18,1	34,8	15,7	31,1
		20–40	18,9	38,6	19,6	39,6	17,0	34,7

Примітка. Н. з. к. – насичення зерновими колосовими, п. п. – побічна продукція.

За настання повної стиглості культури польова вологість ґрунту знижувалася через дефіцит опадів у липні, який спостерігали протягом чотирьох років досліджень, лише в 2018 р. кількість опадів у цьому місяці перевищувала середньобагаторічну норму на 14 мм. Середні значення вологості в ґрунті за роки досліджень становили на контролі 14,5–15,3 %, за використання мінеральних добрив – відповідно 16,8–17,6 %. Запаси продуктивної вологи змінювалися за фазами вегетації культури в прямій залежності від показників польової вологості і за повної стиглості в орному шарі ґрунту становили 27,7–29,5 мм на контролі та 32,8–33,7 мм відповідно за варіантами удобрення.

Вплив щільності на властивості ґрунту та життєдіяльність рослин є багатогранним. Вона зумовлює накопичення вологи та поживних речовин, змінює співвідношення води і повітря у ґрунті, умови життєдіяльності рослин і мікроорганізмів. Антропогенне навантаження значною мірою змінює агрофізичні показники ґрунту, найчастіше викликаючи їхню фізичну деградацію – руйнування

агрономічно корисної структури, формування глиб, кірки, тріщин, ущільнення кореневмісного шару, зниження водопроникності й доступності вологи рослинам.

Підвищення щільності ґрунту на 10 % знижує їх продуктивність на 40 %, що призводить до значного відставання культури в розвитку та зниження врожайності, погіршення якості отриманої продукції. Тільки через переущільнення ґрунту врожайність пшениці знижується на 10 %, буряків цукрових – на 15 %, картоплі – навіть на 50 % [29]. Щільність ґрунту впливає на ріст коренів рослин, оскільки ущільнений ґрунт є суттєвою перешкодою для їх проникнення. Характерною реакцією коренів на переущільнення ґрунту є зменшення їх розміру, потовщення, скорочення довжини. За поступового ущільнення ґрунту, тобто за зменшення його об'єму, збільшується частка твердої фази і недоступної вологи. За щільності 1,5–1,6 г/см<sup>3</sup> на частку доступної вологи припадає лише 5–10 % від об'єму ґрунту, причому ця вода є лише за високої вологоємності.

За літературними даними, для ячменю ярого в орному шарі оптимальною є щільність будови ґрунту від 1,05 до 1,35 г/см<sup>3</sup>, під кінець вегетації допустимим є його ущільнення до 1,4–1,5 г/см<sup>3</sup> [1].

З літературних джерел відомо, що ефективність добрив значною мірою залежить не тільки від агрохімічних, але й від агрофізичних властивостей ґрунтів, у першу чергу від вологості та щільності, а їхнє регулювання є ефективним прийомом підвищення врожайності сільськогосподарських культур, а отже, й ефективності мінеральних добрив [30].

Таким чином, фізичні властивості ґрунту – важливий, а іноді й вирішальний фактор формування врожаю сільськогосподарських культур та ефективності різних агрозаходів.

Ячмінь ярий серед зернових є найвимогливішим до попередників, і вирощування його в сівозміні є основою стабільності землеробства та позитивно впливає на всі важливі показники, зокрема щільність ґрунту і його режими.

Одержані дослідні дані, які наведено в табл. 2, свідчать про зміни величини ущільнення ґрунту за час вегетаційного періоду ячменю ярого, залежність цього показника від структури сівозміни й попередника, а також удобрення.

Спостереження за зміною щільності будови сірого лісового ґрунту під ячменем показали, що на період сходів на варіанті застосування повної норми мінеральних добрив N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> і післядії 40 т/га гною, внесеного під пшеницю озиму в зерно-кормовій і картоплю в плодозмінній сівозмінах, цей показник набував найнижчих значень у всіх пластах ґрунту.

## 2. Щільність будови сірого лісового ґрунту впродовж вегетації рослин ячменю ярого, г/см<sup>3</sup>, середнє за 2016–2020 рр.

№ сівозміни	Варіант удобрення	Шар ґрунту, см	Період визначення		
			сходи	колосіння	повна стиглість
Зерно-кормова, попередник пшениця озима (75 % н. з. к.)					
3	Контроль	0–10	1,17	1,25	1,32
		10–20	1,22	1,30	1,37
		20–30	1,32	1,38	1,42
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–10	1,12	1,20	1,27
		10–20	1,19	1,26	1,34
		20–30	1,28	1,33	1,40
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> + п. п.	0–10	1,13	1,22	1,28
		10–20	1,20	1,28	1,35
		20–30	1,30	1,35	1,41
Флодозмінна, попередник картопля (50 % н. з. к.)					
4	Контроль	0–10	1,18	1,27	1,33
		10–20	1,24	1,32	1,39
		20–30	1,34	1,40	1,43
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–10	1,14	1,24	1,29
		10–20	1,21	1,28	1,36
		20–30	1,30	1,35	1,41
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0–10	1,16	1,25	1,30
		10–20	1,23	1,30	1,38
		20–30	1,32	1,37	1,42

Примітка. Н. з. к. – насичення зерновими колосовими, п. п. – побічна продукція.

Так, у середньому за п'ять років досліджень залежно від попередника в шарі 0–10 см щільність зложення була в межах 1,17–1,18 г/см<sup>3</sup> на неудобрених ділянках, 1,12–1,14 г/см<sup>3</sup> – на варіантах застосування органо-мінеральної системи удобрення і 1,14–1,16 г/см<sup>3</sup> – за альтернативного удобрення (табл. 2). Із збільшенням глибини відбору зразків цей показник зростав і в шарі 10–20 см його значення становили відповідно за системами удобрення 1,22–1,24 г/см<sup>3</sup>, 1,19–1,21 г/см<sup>3</sup>, 1,20–1,23 г/см<sup>3</sup>, на глибині 20–30 см: 1,32–1,34 г/см<sup>3</sup>, 1,28–1,30 г/см<sup>3</sup>, 1,30–1,32 г/см<sup>3</sup>. З проходженням фаз вегетації рослин щільність ґрунту в посівах ячменю ярого зростала і найвищих значень досягла в повній стиглості зерна культури, коли ґрунт набуває так званого притаманного йому рівноважного стану. На кінець вегетації показники в верхньому шарі ґрунту становили 1,32–1,33 г/см<sup>3</sup>, 1,27–1,29 г/см<sup>3</sup>, 1,28–1,30 г/см<sup>3</sup> відповідно за сівозмінами і системами удобрення.

Отже, сумісне застосування органічних і мінеральних добрив на сірому лісовому ґрунті сприяє зменшенню його щільності та

покращанню умов росту й розвитку рослин для формування високого врожаю ячменю ярого.

Поживний режим ґрунту разом із вологозабезпеченням є найбільш важливими чинниками, що формують сприятливі умови для нормального росту й розвитку рослин. Вони безпосередньо впливають на активність і спрямованість біохімічних процесів у рослині. Джерелом елементів мінерального живлення для рослин є їх запаси у ґрунті та внесені із різними видами добрив. Уміст основних макроелементів у ґрунті, зокрема азоту, фосфору і калію, їх доступність для кореневої системи рослин істотно змінюється залежно від культури землеробства [14, 31].

Ячмінь ярий, який має слабку кореневу систему з нижчим рівнем засвоювання важкодоступних форм елементів живлення, ніж інші злакові культури, вимогливіший щодо забезпечення ними. Найінтенсивніше надходження основних елементів живлення у рослин ячменю ярого відбувається за досить короткий проміжок часу – від фази кушіння до колосіння (26–28 діб). За цей період рослини споживають 42–46 % азоту, 61–64 – фосфору і 64–74 % калію. У фазі колосіння практично завершується поглинання калію, фосфору споживається 90 %, азоту – 80 % загального винесення їх урожаєм [10, 20]. Найбільше поживних елементів рослини потребують від періоду кушіння до наливання зерна, достатнє забезпечення якими за фазами розвитку ячменю ярого позитивно позначається на валових зборах зерна і його якості [36].

Нашими дослідженнями виявлено, що вміст легкогідролізного азоту, рухомого фосфору й обмінного калію під ячменем ярим змінювався залежно від системи удобрення, виду сівозміни, попередника культури.

Аналіз динаміки поживного режиму ґрунту протягом п'яти років досліджень показав, що кращий рівень забезпеченості елементами живлення зумовлювала органо-мінеральна система удобрення. На час сходів культури за внесення безпосередньо під ячмінь в зерно-кормовій і плодозмінній сівозмінах мінеральних добрив у дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  та 40 т/га гною під попередник (пшениця озима, картопля) в орному шарі спостерігали найбільш інтенсивне нагромадження легкогідролізного азоту (123,1–124,7 мг/кг ґрунту), рухомого фосфору (127,2–128,1 мг/кг ґрунту), обмінного калію (112,8–114,4 мг/кг ґрунту). Застосування альтернативної системи удобрення, яка включала використання половинних доз мінеральних добрив і післядію сидерату, а також побічну продукцію пшениці озимої, у зерно-кормовій сівозміні формувало поживний режим ґрунту за елементами живлення на рівні 112,7; 116,4; 110,3 мг/кг ґрунту в

орному та 106,0; 108,5; 101,9 мг/кг ґрунту в підорному пластах. У плодозмінній сівозміні значення легкогідролізного азоту становило 113,8, рухомого фосфору – 114,7, обмінного калію 108,6 мг/кг ґрунту в шарі 0–20 см.

Кількість рухомих форм основних елементів живлення до кінця вегетації ячменю ярого зменшувалася внаслідок використання їх культурою для росту і формування врожаю. У фазі повної стиглості на зазначених варіантах у двох сівозмінах їх вміст становив 101,4–102,8 мг/кг ґрунту легкогідролізного азоту, 111,6–112,5 мг/кг ґрунту рухомого фосфору й 97,6–99,4 мг/кг ґрунту обмінного калію. На варіанті без застосування удобрення забезпечення рослин елементами живлення було найнижчим. Найкращим воно виявилось за використання орґано-мінеральної системи удобрення, що сприяло отриманню високого врожаю культури.

Шкода, яку завдають культурним рослинам бур'яни, дуже велика. За даними Міжнародної організації з продовольства і сільського господарства, втрати сільськогосподарської продукції від бур'янів та інших шкідливих організмів у всьому світі оцінюють у 75 млрд дол. за рік, що становить третню частину потенційно можливого збору врожаю. У нашій країні зниження валових зборів сільськогосподарських культур внаслідок забур'яненості становить 25–30 %, в окремих випадках перевищує 50 %, а на сильнозабур'янених полях отримання врожаю може бути зведено нанівець.

За даними А. І. Бабенка, С. П. Танчика [2], рясність бур'янів у посівах культур з вузькорядною сівою має не перевищувати 10–15 шт./м<sup>2</sup>, просапних культур – 1–2 шт./м<sup>2</sup>. Порушення сівозміни та спрощення агротехніки вирощування сільськогосподарських культур збільшує засміченість орного шару ґрунту до 1,14–1,47 млрд шт./га.

Зниження врожаю окремих культур може сягати: пшениці озимої й жита – 55–60 %, ячменю ярого – 40–45 %, картоплі – 40–55 %, буряків цукрових – 50–80 %, кукурудзи – 50–70 %, льону – 35–45 % [11]. Крім кількісної втрати врожаю, бур'яни спричиняють зростання витрат на вирощування культур за рахунок проведення заходів захисту, які становлять близько 30–35 % усіх затрат праці в землеробстві. Все це пояснюється високими конкурентними властивостями бур'янів з культурними рослинами за фактори життя – світло, воду, поживні речовини. Сеgetали, випереджуючи в рості культурні рослини, затіняють їх, викликають світлове голодування і знижують продуктивність фотосинтезу. Внаслідок цього бур'яни спричиняють вилягання зернових хлібів, що знижує врожайність і якість продукції, збільшуються втрати під час збирання врожаю. На забур'янених полях знижується якість продукції рослинництва: вміст

білка в зерні пшениці зменшується на 2,5 %, ячменю – на 1,2, кукурудзи – 3,4, а проса – на 1,3 % [22]. Бур'яни є джерелом розмноження багатьох хвороб та шкідників сільськогосподарських культур. Забур'яненість посівів є одним із факторів, що знижують ефективність усіх заходів технологій вирощування сільськогосподарських культур, спрямованих на підвищення їх урожайності. Тому боротьба з бур'янами – одна з важливих проблем землеробства, що пов'язана зі специфікою їх біологічних особливостей: надзвичайною плодючістю, тривалим збереженням схожості та неоднотимним проростанням насіння. Досвід ведення сільськогосподарського виробництва свідчить про наявність значної кількості перевірених методів зменшення шкодочинності бур'янів, серед яких найбільш важливим є сівозмінний фактор, тобто найкраще з можливих чергування культур, що володіють різними біологічними властивостями. Правильне планування сівозміни здатне знизити забур'яненість посівів і підвищити врожайність на 35–60 %. За насичення сівозміни зерновими культурами до 75 % істотно зростає засміченість посівів пшениці озимої [6].

Вивчення забур'яненості проводили в посівах ячменю ярого у плодозмінній (конюшина лучна – пшениця озима – картопля – ячмінь ярий) та зерно-просапній (гречка – пшениця озима – картопля – ячмінь ярий) сівозмінах.

Результати досліджень вказують на значення виду сівозмін, попередника культури, удобрення, які по-різному впливали на забур'яненість посівів ячменю ярого.

Найвищі значення (331–401 шт./м<sup>2</sup>) кількості бур'янів спостерігали на контролі (без добрив) у період сходів із зменшенням до кінця вегетації культури. Найменша кількість сегеталів у посівах ячменю ярого (83–331 шт./м<sup>2</sup>) формувалася у плодозмінній сівозміні. Збільшення кількості бур'янів на 8–60 шт./м<sup>2</sup> відзначено в сівозміні з вищим насиченням колосовими культурами – зерно-кормовій. Позитивний вплив на засміченість посіву культури в досліджуваних сівозмінах проявляли системи удобрення (інтенсивна та альтернативна), оскільки добре розвинені рослини ячменю в агроценозах були домінантами, які стримували ріст бур'янів. Так, у період сходів і колосіння найнижчі значення (219 і 273 та 280 і 347 шт./м<sup>2</sup>) кількості сегеталів отримано за використання альтернативної системи (післядія сидерату і побічної продукції попередника та безпосереднє внесення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>) залежно від виду сівозміни.

За сумісного використання 40 т/га гною, який вносили під картоплю, з мінеральним добривами у дозі N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> їх кількість

збільшувалася на 28–41 шт./м<sup>2</sup> залежно від питомої маси зернових культур у сівозмінах.

Облік забур'яненості посіву ячменю ярого на кінець вегетації показав її зниження. Найменша кількість рослин бур'янів була на варіантах безпосереднього внесення мінеральних добрив під культуру і застосування гною під попередник та використання половинних норм мінеральних добрив, післядії сидерату і соломи. Зокрема в період повної стиглості ячменю ярого у плодозмінній сівозміні кількість сеgetалів становила 61–72 шт./м<sup>2</sup>, зерно-кормовій – 70–83 шт./м<sup>2</sup>. Найбільшу (83–91 шт./м<sup>2</sup>) забур'яненість посівів спостерігали на контрольному варіанті без використання удобрення з вищими значеннями у зерно-кормовій сівозміні.

Встановлено, що видовий склад бур'янів у посівах ячменю ярого був представлений переважно такими видами: шпергель польовий (*Spergula arvensis* L.), зірочник середній (*Stellaria media* (L.) Vill.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), гірчак шорсткий (*Polygonum lapathifolium* L.), горошок мишачий (*Vicia cracca* L.), хвоц польовий (*Equisetum arvense* L.), куряче просо (*Echinochloa crusgalli* (L.) P. Beauv).

Важливою складовою оцінки фітосанітарного стану посівів сільськогосподарських культур є аналіз розвитку та поширення хвороб. Небезпечні захворювання потребують постійного контролю і захисту рослин. Відомо, що втрати валового збору зерна від хвороб щорічно становлять 20–30 %, а іноді і більше. Останнім часом надзвичайно шкідливими для зернових культур є кореневі гнилі. Захворювання впливає на стан рослин протягом усієї вегетації. Воно викликає загибель сходів, відставання в рості, щуплість колосу в уражених рослин або повне відмирання продуктивних стебел. За дефіциту або за різких коливань вмісту вологи в ґрунті, а також у разі утворення кірки на його поверхні й за інших несприятливих факторів, які послаблюють рослини, спостерігається значний розвиток корневих гнилей. За ураження 5–10 % рослин втрати врожаю можуть досягти 3,5–7 % [16].

Нашими дослідженнями встановлено, що попередники та сівозміни проявляли вплив на розвиток шкідливих організмів, зокрема хвороб. Виявлено, що ступінь ураження рослин ячменю ярого корневими гнилями значною мірою залежав від розміщення культури в сівозміні, попередника та погодних умов.

Найменше ураження його посівів патогеном корневих гнилей проявилось в плодозмінній та зерно-просаній сівозміні після картоплі – 20,7–21,5 %. Після пшениці озимої в зерно-кормовій

сівозміні (75 % насичення колосовими) розвиток хвороби становив 23,8 %.

На врожайність зернових культур може суттєво вплинути борошниста роса. Захворювання інтенсивно розвивається на більш загущених посівах у період меншого освітлення. Шкідливість борошністої роси для культури проявляється у зменшенні асиміляційної поверхні листків, руйнуванні хлорофілу та інших пігментів. За сильного ураження листки передчасно відмирають, у рослин знижується кущистість, запізнюється колосіння і прискорюється дозрівання, внаслідок чого спостерігаються пустоколосість і щуплість зерна. Сильний розвиток борошністої роси призводить до зменшення кількості та маси зернівок, й втрати врожаю можуть становити 10–15 % [3].

Борошниста роса більшою мірою уражала посіви ячменю ярого після картоплі як у зерно-просапній, так і плодозмінній сівозмінах (10,3–10,7 %) порівняно до попередника пшениця озима в зерно-кормовій сівозміні (8,1 %). Під час вирощування ячменю ярого важливого значення набуває контроль над поширенням хвороб колосу, зокрема септоріозу й фузаріозу.

Септоріоз є однією з найбільш поширених і шкідливих хвороб зернових культур. Ураження призводить до зменшення асиміляційної поверхні листків, викликає недорозвиненість колосу й передчасне дозрівання злаків. Недобір зерна іноді становить 30 % і більше. Доведено, що масовому розвитку хвороби сприяє температура 12–25 °С, наявність краплинної вологи або відносна вологість повітря 90–100 % – за таких умов пікноспори можуть прорости протягом кількох годин після виходу з пікнід, але мінімальний поріг розвитку хвороби – +5 °С. У випадку внесення збалансованого повного мінерального добрива підвищується стійкість рослин до септоріозу [16].

У наших дослідженнях у посівах ячменю ярого ураженість септоріозом була найнижчою за попередника картопля як у плодозмінній (12,4 %), так і зерно-просапній (13,3 %) сівозмінах. Найвищий прояв хвороби відзначено в зерно-кормовій сівозміні (14,1 %) після пшениці озимої.

Фузаріоз колосу проявляється в фазі колосіння культури і розвивається до збирання врожаю. Збудниками хвороби є гриби роду *Fusarium*. За частих дощів уражені фузаріозом колоски заселяються сапротрофними патогенами, зокрема *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link – збудником оливкової плісняви. Проникнення патогенів у центральний колосовий стрижень блокує надходження поживних речовин до всіх колосків, розміщених вище. Це призводить до білоколосиці.



3. Динаміка поживного режиму під ячменем ярим за фазами вегетації, мг/кг ґрунту, середнє за 2016–2020 рр.

Удобрєння ячменю ярого	Шар ґрунту, см	Час відбору зразків ґрунту								
		сходи		колюсіння		повна стиглїсть				
		N легко- гїдролїз- нїй	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N легко- гїдролїз- нїй	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N легко- гїдролїз- нїй	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Зерно-кормова, попередник пшениця озима (75 % н. з. к.)										
Контроль	0–20	97,0	107,9	95,1	91,8	101,4	89,5	88,9	97,8	87,6
	20–40	87,6	97,7	86,4	80,5	94,5	81,3	78,2	91,0	77,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	123,1	128,1	114,4	108,1	116,4	102,1	101,4	112,5	99,4
	20–40	113,8	116,6	104,7	96,5	106,8	92,4	90,6	103,1	88,5
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> + п. п.	0–20	112,7	116,4	110,3	101,7	104,2	97,3	97,1	101,8	95,2
	20–40	106,0	108,0	101,9	89,3	96,5	90,2	87,7	93,4	86,4
Плодозмінна, попередник картопля (50 % н. з. к.)										
Контроль	0–20	97,6	106,3	92,2	92,7	100,0	86,2	90,8	96,5	84,8
	20–40	88,1	96,9	85,4	82,0	93,8	80,7	80,8	80,9	76,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0–20	124,7	127,2	112,8	109,0	115,5	100,7	102,8	111,6	97,6
	20–40	114,2	115,0	103,6	97,7	105,9	91,0	92,1	102,4	86,8
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	0–20	113,8	114,7	108,6	102,4	103,3	96,2	98,2	101,0	93,7
	20–40	106,5	106,7	100,7	91,8	95,7	87,0	88,4	92,4	84,5

Прїмїтка. Н. з. к. – насїщення зерновими колосовими, п. п. – побїчна продукція.

Вважають, що ступінь розвитку хвороби на 70 % залежить від сорту й агротехніки, а на 30 % – від погодних умов. Інтенсивному розвитку фузаріозу колосу сприяє температура 20–25 °С і підвищена вологість повітря (75 % і більше) в період від цвітіння до збирання врожаю [24].

Нашими дослідженнями виявлено максимальне (7,2 %) ураження колосу ячменю ярого збудником фузаріозу після пшениці озимої в зерно-кормовій сівозміні, найнижче – в плодозмінній (4,8 %), де попередником була картопля.

Ячмінь вважали другою зерновою культурою в Україні, яка є одним із найбільших споживачів його зерна в світі. У світовому землеробстві серед зернових культур за посівною площею (майже 72 млн га) та валовим збором (158 млн т) він займає четверте місце, а за експортом – друге [7, 12, 25, 26, 33].

Валове виробництво зерна ячменю у різні роки нестабільне, і на це впливає коливання врожайності. Критерієм технології вирощування ячменю є рівень урожайності культури, який найбільш повно визначає вплив досліджуваних факторів та значно залежить від погодних умов за період вегетації і інших чинників. Ячмінь ярий, маючи слабку кореневу систему та досить короткий період споживання, повільно засвоює з ґрунту важкорозчинні поживні речовини, тому головною умовою одержання високих урожаїв належної якості є оптимальне живлення рослин, досягти якого неможливо без застосування добрив, запровадження науково обґрунтованої сівозміни, підбору попередника, системи якісно проведеного основного й передпосівного обробітку ґрунту, що дасть змогу змінювати процеси росту й розвитку рослин культури [8, 13, 23, 32, 34].

Максимальні показники врожайності ячменю ярого отримали за умови застосування мінеральних добрив у дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  на фоні післядії 40 т/га гною (табл. 4). За таких умов її значення варіювали в межах від 3,50 т/га в зерно-кормовій (населення колосовими культурами 75 %) сівозміні з попередником пшениця озима до 3,91 т/га в зерно-просапній (50 % н. з. к.) з попередником картопля. Зменшення дози мінеральних добрив вдвічі на солончано-сидеральних фонах закономірно призводило до зниження врожайності на 0,56–0,61 т/га.

На варіантах без удобрення в усіх досліджуваних сівозмінах формувався найнижчий урожай зерна ячменю ярого – відповідно від 2,06 до 2,33 т/га в середньому за роки досліджень.

**4. Урожайність зерна ячменю ярого в сівозмінах (2016–2020 рр.)**

№ сівозміни	Варіант удобрення	Урожайність, т/га	
		зерна	соломи
Зерно-кормова, попередник пшениця озима (75 % н. з. к.)			
3	Контроль	2,06	2,10
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,50	3,58
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> + п. п.	2,94	2,95
Плодозмінна, попередник картопля (50 % н. з. к.)			
4	Контроль	2,24	2,37
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,78	3,74
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	3,18	3,13
Зерно-просапна, попередник картопля (50 % н. з. к.)			
5	Контроль	2,33	2,34
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,91	3,88
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	3,30	3,25
Зерно-просапна, попередник пшениця озима (60 % н. з. к.)			
6	Контроль	2,14	2,15
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	3,61	3,62
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> + п. п.	3,02	3,04

NIP <sub>05</sub> , т/га	попередники	0,08
	удобрєння	0,13
	взаємодія попередники + удобрєння	0,28

Під впливом вищих доз добрив у сівозмінах спостерігали поліпшення показників якості зерна (табл. 5). Так, якщо вміст білка на неудобрєних варіантах становив від 8,65 % у зерно-кормовій сівозміні до 9,11 % у плодозмінній, то застосування альтернативної системи удобрення забезпечувало зростання цього показника до 10,13–10,44 %, а органо-мінеральної – до 10,53–11,00 %. В аналогічному порядку зростали значення маси 1000 зерен і натурної маси ячменю ярого. Вищі значення маси 1000 зерен (40,1–43,3 г), натурної маси (563–589 г/л) у досліджуваних сівозмінах отримано за органо-мінеральної системи удобрення, що на 4,4–5,2 г та 23,0–28,0 г/л більше порівняно з контрольним варіантом.

**5. Вплив удобрення на якісні показники зерна ячменю ярого (2016–2020 рр.)**

№ сіво- зміни	Варіант удобрення	Маса 1000 зерен, г	Натурна маса, г/л	Вміст білка, %
1	2	3	4	5
Зерно-кормова, попередник пшениця озима (75 % н. з. к.)				

1	2	3	4	5
3	Контроль	35,7	548	8,65
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	40,1	570	10,53
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> + п. п.	38,6	560	10,13
Плодозмінна, попередник картопля (50 % н. з. к.)				
4	Контроль	38,1	561	9,11
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	43,3	589	11,00
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	41,4	571	10,44
Зерно-просапна, попередник картопля (50 % н. з. к.)				
5	Контроль	37,1	556	9,00
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	42,4	576	10,87
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	40,4	565	10,32
Зерно-просапна, попередник пшениця озима (60 % н. з. к.)				
6	Контроль	36,4	540	8,78
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	41,5	563	10,71
	N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> + п. п.	39,5	555	10,21

Примітка. Н. з. к. – насичення зерновими колосовими, п. п. – побічна продукція.

**Висновки.** Вищий рівень продуктивної вологи під ячменем ярим в орному й підорному шарах ґрунту формується за органо-мінеральних систем удобрення. Під час сходів культури за альтернативної системи удобрення його значення були більшими за контрольні варіанти на 6,7 і 5,1 % у зерно-кормовій та на 6,8 і 6,3 % – у плодозмінній сівозмінах; інтенсивної – відповідно на 11,1 і 8,9 % та на 9,6 і 8,0 %.

Вищий уміст легкогідролізного азоту в посівах ячменю ярого (123,1–124,7 мг/кг ґрунту), рухомого фосфору (127,2–128,1 мг/кг ґрунту) й обмінного калію (112,8–114,4 мг/кг ґрунту) в орному шарі був у фазі сходів на варіанті використання 40 т/га гною в сівозміні і безпосереднього внесення під цю культуру мінерального удобрення в дозі N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

Найвища забур'яненість посівів ячменю ярого (401 шт./м<sup>2</sup> бурянів у фазі сходів, 330 шт./м<sup>2</sup> – колосіння, 91 шт./м<sup>2</sup> – повної стиглості) формується у зерно-кормовій сівозміні за насичення 75 % колосовими культурами на варіанті без застосування добрив; найменша ураженість кореневими гнилями (на 20,7–21,5 %), септоріозом колосу (на 12,4–13,3 %), фузаріозом колосу (на 4,8–5,1 %) спостерігається після картоплі у плодозмінній та зерно-просапній сівозмінах, борошністою рослою – на 8,1 % у зерно-кормовій сівозміні. Застосування безпосередньо під культуру N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> і заорювання один раз за ротацію 40 т/га гною забезпечувало врожай ячменю ярого на

рівні 3,91–3,61 т/га в зерно-просапних, 3,78 – у плодозмінній та 3,50 т/га – в зерно-кормовій сівозмінах.

### Список використаної літератури

1. Агрофізичні властивості темно-каштанового ґрунту за різних систем основного обробітку та удобрення на зрошуваних землях / Р. А. Вожегова та ін. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 8. С. 64–70.
2. Бабенко А. І., Танчик С. П. Особливості захисту посівів сільськогосподарських культур від бур'янів за умов органічного землеробства. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 2/3. С. 38–40.
3. Біловус Г. Я., Марухняк А. Я. Екологічне сортовипробування ячменю озимого в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. Вип. 66. С. 38–51.
4. Бойко П. І., Літвінов Д. В. Ефективність короткоротаційних сівозмін у сучасних системах землеробства. *Землеробство : міжвід. темат. наук. зб.* 2015. Вип. 2. С. 38–46.
5. Бомба М. Я. Біологічне землеробство: стан та перспективи розвитку. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 59. С. 72–77.
6. Вавринович О. В. Агротехнічні способи контролю бур'янів у посівах сільськогосподарських культур. *Вісник Агрофорум*. 2021. № 8 (149). С. 10–14.
7. Вплив застосування біопрепаратів та біологічно активних речовин на формування елементів продуктивності ячменю ярого в Північному Степу / А. Д. Гирка та ін. *Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. 2013. Вип. 14. С. 30–36.
8. Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на продуктивність сільськогосподарських культур в сівозміні на зрошенні Півдня України / О. Є. Марковська та ін. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 66. С. 71–74.
9. Гадзало Я., Камінський В., Сайко В. Сівозміни в землеробстві України. *Аграрний тиждень*. 2015. № 4/5. С. 14–16.
10. Гангур В. В., Лень О. І., Гангур М. В. Вплив різних систем

### References

1. Agrophysical properties of dark chestnut soil under different systems of main cultivation and fertilization on irrigated lands / R. A. Vozhehova et al. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2017. No 8. P. 64–70.
2. Babenko A. I., Tanchyk S. P. Peculiarities of protecting crops from weeds under organic farming conditions. *Karantyn i zakhyst roslyn*. 2016. No 2/3. P. 38–40.
3. Bilovus H. Ya., Marukhniak A. Ya. Ecological varietal testing of winter barley in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2019. Issue 66. P. 38–51.
4. Boiko P. I., Litvinov D. V. Effectiveness of short rotation crop rotations in modern farming systems. *Zemlerobstvo : mizhvid. temat. nauk. zb.* 2015. Issue 2. P. 38–46.
5. Bomba M. Ya. Biological farming: state and prospects of development. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2016. Issue 59. P. 72–77.
6. Vavrynovych O. V. Agrotechnical methods of weed control in crops. *Visnyk Ahroforum*. 2021. No 8 (149). P. 10–14.
7. The effect of the use of biological preparations and biologically active substances on the formation of spring barley productivity elements in the Northern Steppe / A. D. Hyrka et al. *Visnyk Tsentru naukovoho zabezpechennia APV Kharkivskoi oblasti*. 2013. Issue 14. P. 30–36.
8. The influence of the main tillage and fertilization systems on the productivity of agricultural crops in crop rotation in the irrigated south of Ukraine / O. Ye. Markovska et al. *Zroshuvane zemlerobstvo*. 2016. Issue 66. P. 71–74.
9. Hadzalo Ya., Kaminsky V., Saiko V. Crop rotations in agriculture of Ukraine. *Ahrarnyi tyzhden*. 2015. No 4/5. P. 14–16.
10. Hanhur V. V., Len O. I., Hanhur M. V. The influence of different tillage systems on the nutritional regime of the soil under winter wheat and spring barley in the Left-

- обробітку на поживний режим ґрунту під пшеницею озимою та ячменем ярім в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 1. С. 38–44.
11. Гангур В. В., Сокирко П. Г., Лень О. І. Забур'яненість та вологозабезпеченість посівів ячменю ярого залежно від способів обробітку ґрунту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 4. С. 32–35.
12. Гораш О. С., Климишева Р. І. Формування урожайності зерна ячменю ярого. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 2. С. 25–27.
13. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Бойко В. П. Вплив доз і співвідношень добрив у польовій сівозміні на врожайність і якість зерна ячменю ярого. *Зб. наук. пр. Уманського національного університету садівництва*. 2020. Вип. 96 (1). С. 205–218.
14. Господаренко Г. М., Прокопчук І. В., Бойко В. П. Поживний режим ґрунту в польовій сівозміні за різного удобрення. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. № 1. С. 37–43.
15. Єщенко В. О. Польові сівозміни України, якими їм бути: довго- чи короткоротаційними? *Зб. наук. пр. Уманського національного університету садівництва*. 2016. Вип. 89 (1). С. 43–49.
16. Заярна О. Ю. Оцінка стійкості сортів ярого ячменю до сажкових хвороб. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер.: Фітопатологія та ентомологія*. 2017. № 1/2. С. 165–168.
17. Камінський В. Ф. Сівозміна як основа сталого землекористування та продовольчої безпеки України. *Зб. наук. пр. ННЦ "Інститут землеробства НААН"*. 2015. Вип. 2. С. 3–14.
18. Кірілеско О. Л. Ефективність систем удобрення у короткоротаційній сівозміні Лісостепу Західного України. *Корми і кормовиробництво : міжвід. темат. наук. зб.* 2019. Вип. 87. С. 93–101.
19. Лінчевський А. А. Ячмінь – джерело здорового способу життя сучасної людини. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 12. С. 14–21.
20. Markovska O. Ye., Maliarchuk M. Bank Forest-Steppe zone of Ukraine. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2022. No 1. P. 38–44.
11. Hanhur V. V., Sokyрко P. H., Len O. I. Weediness and moisture availability of spring barley crops depending on soil tillage methods. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2011. No 4. P. 32–35.
12. Horash O. S., Klymysheva R. I. Formation of spring barley grain yield. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2008. No 2. P. 25–27.
13. Hospodarenko H. M., Prokopchuk I. V., Boiko V. P. Influence of doses and ratios of fertilizers in field crop rotation on yield and grain quality of spring barley. *Zb. nauk. pr. Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2020. Issue 96 (1). P. 205–218.
14. Hospodarenko H. M., Prokopchuk I. V., Boiko V. P. Nutrient regime of the soil in field crop rotation with different fertilizers. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2019. No 1. P. 37–43.
15. Yeshchenko V. O. Field crop rotations of Ukraine, what should they be: long- or short-rotation? *Zb. nauk. pr. Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2016. Issue 89 (1). P. 43–49.
16. Zaiarna O. Yu. Assessment of resistance of spring barley varieties to powdery mildew diseases. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser.: Fitopatolohiia ta entomolohiia*. 2017. No 1/2. P. 165–168.
17. Kaminskyi V. F. Crop rotation as the basis of sustainable land use and food security of Ukraine. *Zb. nauk. pr. NNTs "Instytut zemlerobstva NAAN"*. 2015. Issue 2. P. 3–14.
18. Kirilesko O. L. Effectiveness of fertilization systems in short-rotational crop rotation of the Forest-Steppe of Western Ukraine. *Kormy i kormovyrobnytstvo : mizhvid. temat. nauk. zb.* 2019. Issue 87. P. 93–101.
19. Linchevskiy A. A. Barley is a source of a healthy lifestyle for modern people. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2017. No 12. P. 14–21.
20. Markovska O. Ye., Maliarchuk M.

20. Марковська О. Є., Малярчук М. П. Агроекономічна оцінка систем основного обробітку ґрунту та удобрення в сівозміні за умов зрошення на Півдні України. *Таврійський науковий вісник*. 2017. Вип. 89. С. 55–59.
21. Методики випробування і застосування пестицидів / С. О. Трибель та ін. Київ : Світ, 2001. 428 с.
22. Молдован В. Г., Квасніцька Л. С. Забур'яненість агроценозів в умовах достатнього зволоження Правобережного Лісостепу. *Карантин і захист рослин*. 2015. № 5. С. 8–10.
23. Пилипенко М. О. Формування структури врожаю ярого ячменю залежно від умов мінерального живлення і норм висіву. *Науковий вісник НАУ*. 2000. № 29. С. 65–68.
24. Піковський М., Кирик М. Хвороби ячменю на початку вегетації рослин. *Пропозиція*. 2013. № 5. С. 82–84.
25. Потопляк О. Продуктивність сортів ячменю ярого залежно від умов мінерального живлення. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер. Агрономія*. 2013. № 17 (2). С. 116–120.
26. Самоїленко О. А. Вплив екотипу ячменю ярого на його урожайність в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2015. Вип. 3. С. 124–130.
27. Сівозміни у землеробстві України / за ред. В. Ф. Сайка, П. І. Бойка. Київ : Аграрна наука, 2002. 146 с.
28. Уваренко К. Ю. Вплив ущільнення та удобрення ґрунту на використання елементів живлення та продуктивність ячменю ярого. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 8. С. 76–81.
29. Уваренко К. Ю. Вплив щільності будови та вологості ґрунту на ефективність аміачної селітри при вирощуванні різних за інтенсивністю сортів ячменю ярого. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер.: Агрономія і біологія*. 2016. Вип. 9. С. 29–35.
30. Уваренко К. Ю. Засвоєння елементів живлення різними сортами ячменю ярого залежно від щільності будови ґрунту. *Зб. наук. пр. Уманського національного університету садівництва*. P. Agro-economic assessment of the main tillage and fertilization systems in crop rotation under irrigation conditions in the south of Ukraine. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2017. Issue 89. P. 55–59.
21. Test methods and application of pesticides / S. O. Trybel et al. Kyiv : Svit, 2001. 428 p.
22. Moldovan V. H., Kvasnitska L. S. Weediness of agrocenoses under conditions of sufficient moisture in the Right-Bank Forest-Steppe. *Karantyn i zakhyst roslin*. 2015. No 5. P. 8–10.
23. Pylypenko M. O. Formation of spring barley crop structure depending on mineral nutrition conditions and sowing rates. *Naukovyi visnyk NAU*. 2000. No 29. P. 65–68.
24. Pikovskiy M., Kyryk M. Diseases of barley at the beginning of plant vegetation. *Propozytsiia*. 2013. No 5. P. 82–84.
25. Potopliak O. Productivity of spring barley varieties depending on the conditions of mineral nutrition. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser. Ahronomiia*. 2013. No 17 (2). P. 116–120.
26. Samoilenko O. A. The influence of the ecotype of spring barley on its productivity in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*. 2015. Issue 3. P. 124–130.
27. Crop rotations in agriculture of Ukraine / za red. V. F. Saika, P. I. Boika. Kyiv : Ahrarna nauka, 2002. 146 p.
28. Uvarenko K. Yu. The influence of soil compaction and fertilization on the use of nutrients and productivity of spring barley. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2018. No 8. P. 76–81.
29. Uvarenko K. Yu. Influence of structure density and soil moisture on the effectiveness of ammonium nitrate in the cultivation of spring barley varieties of different intensity. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser.: Ahronomiia i biolohiia*. 2016. Issue 9. P. 29–35.
30. Uvarenko K. Yu. The assimilation of nutrients by different varieties of spring barley depending on the density of the soil structure. *Zb. nauk. pr. Umanskoho*

2018. Вип. 92 (1). С. 223–230.

31. Формування врожаю ярого ячменю в Україні / М. Я. Бомба та ін. *Зернові культури*. 2001. № 2. С. 22–24.

32. Формування урожайності та якості зерна ячменю залежно від рівня мінерального живлення / М. Вислободська та ін. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер.: Агрономія*. 2013. Вип. 17 (1). С. 166–170.

33. Чернелівська О. О., Дзюбенко І. М., Наконечний В. О. Вплив основного обробітку ґрунту та системи удобрення на продуктивність ячменю ярого. *Корми і кормовиробництво : міжвід. темат. наук. зб.* 2018. Вип. 85. С. 76–81.

34. Шевченко М. С., Десятник Л. М., Бокун А. І. Динаміка запасів продуктивної вологи в ґрунті та урожайність ячменю ярого залежно від обробітку ґрунту і добрив. *Зернові культури*. 2020. Т. 4, № 1. С. 160–166.

35. Шевчук О. В. Вплив післядії різних систем удобрення на динаміку вмісту азоту в ґрунті, рослинах і зерні ячменю ярого. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2013. № 1. С. 135–139.

*natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2018. Issue 92 (1). P. 223–230.

31. Spring barley crop formation in Ukraine / M. Ya Bomba et al. *Zernovi kultury*. 2001. No 2. P. 22–24.

32. Formation of productivity and quality of barley grain depending on the level of mineral nutrition / M. Vyslobodska et al. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser.: Ahronomiia*. 2013. Issue 17 (1). P. 166–170.

33. Chernelivska O. O., Dziubenko I. M., Nakonechnyi V. O. Influence of the main tillage and fertilization system on spring barley productivity. *Kormy i kormovyrobnytstvo : mizhvid. temat. nauk. zb.* 2018. Issue 85. P. 76–81.

34. Shevchenko M. S., Desiatnyk L. M., Bokun A. I. Dynamics of reserves of productive moisture in the soil and yield of spring barley depending on tillage and fertilizers. *Zernovi kultury*. 2020. Vol. 4, No 1. P. 160–166.

35. Shevchuk O. V. The after-effect of different fertilization systems on the dynamics of nitrogen content in the soil, plants and grain of spring barley. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2013. No 1. P. 135–139.

Отримано 22 березня 2023 р.  
Погоджено до друку 20 липня 2023 р.