

ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПОСІВІВ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО (*HORDEUM VULGARE L.*) ЗАЛЕЖНО ВІД МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА БІОСТИМУЛЯТОРІВ

Ю.М. Шкатула, Д.О. Барський, О.С. Забарний

Вінницький національний аграрний університет (м. Вінниця, Україна)

e-mail: shkatula@vsau.vin.ua; ORCID: 0000-0002-4275-309X

e-mail: barskyi.dima@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6753-685X

e-mail: zabarnyy@ukr.net; ORCID: 0009-0007-3337-9386

Ячмінь в Україні завжди був і є провідною зернофуражною культурою, зерно якого найбільше збалансовано за амінокислотним складом. Застосування мінеральних добрив залишається найвпливовішим і необхідним чинником підвищення продуктивності рослин та ефективним засобом збереження родючості ґрунту. Мета полягає у визначенні показників площі листової поверхні рослин ячменю та фотосинтетичної діяльності сортів ячменю озимого залежно від комплексного застосування доз мінеральних добрив і біостимулятора Агрінос Б в умовах Лісостепу Правобережного. Найвищі показники площі листової поверхні рослин ячменю озимого були зафіксовані на ділянках, де вносились мінеральні добрива, проводилось позакореневе підживлення азотними добривами і застосовувався біостимулятор Агрінос Б. Під час внесення мінеральних добрив $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{46} + N_8 + \text{Агрінос Б}$, 1,0 л/га у фазі початок виходу в трубку площа листової поверхні рослин у фазі колосіння становила у сорту Атлант Миронівський — 58,30 тис. м²/га, що більше за контрольні ділянки на 25,68 тис. м²/га, сорту ячменю ПАСО — 61,13 тис. м²/га, що також переважає за контрольні ділянки на 27,71 тис. м²/га. У середньому за три роки досліджень за внесення дози добрив $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{34}$ в підживлення у фазі початок кушення фотосинтетичний потенціал сорту ячменю озимого Атлант Миронівський становив 1,76 млн г/м² за добу, сорту ПАСО, відповідно 1,90 млн г/м² за добу, що більше за контрольні ділянки на 0,58–0,69 млн г/м² за добу. Найвищі показники чистої продуктивності відмічено на ділянках, де вносились мінеральні добрива та біостимулятор $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{46} + N_8 + \text{Агрінос Б}$, 1,0 л/га у фазі початок виходу в трубку, сорту Атлант Миронівський — 3,04 г/м² за добу, сорту ПАСО 3,12 г/м² за добу.

Ключові слова: агроценози, сорт, мінеральні добрива, листовка поверхня, фотосинтез, чиста продуктивність.

ВСТУП

Збільшення виробництва зерна на сьогодні є однією з найважливіших завдань для забезпечення подальшого розвитку сільського господарства України в усіх її природно-кліматичних зонах. Від її розв'язання напряду залежить задоволення зростаючих потреб населення в харчових продуктах і розвитку галузі тваринництва.

Ячмінь належить до найпоширеніших сільськогосподарських культур у світовому землеробстві. У структурі посівних площ ячмінь посідає четверте місце після пшениці, рису та кукурудзи, а в Україні за

цим показником він поступається лише пшениці озимій [1].

Ячмінь в Україні завжди був і є провідною зернофуражною культурою. Його зерно, найбільше збалансовано за амінокислотним складом і за кормовими якостями, наближається до стандартних концентрованих кормів. До того ж, собівартість виробництва зерна ячменю є значно нижчою від інших зернових культур [2].

Вчений В.В. Нагірний [3] у своїй науковій праці відмічає, що переважну частину у виробництві зерна АПК України посідає ячмінь озимий (*Hordeum vulgare L.*). На відміну від ячменю ярого, за нормальної перезимівлі він є більш урожайний,

достигає раніше на 10–16 діб. Він гарно витримує високі літні температури, мало потерпає у дні тривалої спеки, відзначається стійкістю до посухи. За врожайністю зерна він переважає за інші озимі культури на 0,84–1,11 т/га, а в окремі роки — на 1,6–3,3 т/га.

Для підвищення рівня реалізації біологічного потенціалу культури важливе значення має також впровадження у виробництво ефективних сучасних конкурентоспроможних агротехнологій, які повинні базуватися на доборі адаптованих для зони високопродуктивних сортів, за умови оптимізації умов макро- і мікроелементного живлення та застосування сучасних біостимуляторів росту [4–6].

Отже, сучасні технології вирощування ячменю озимого мають створювати оптимальні умови для формування потужного фотосинтетичного апарату рослин і забезпечення тривалості вегетаційного періоду.

Мега досліджень полягала у визначенні показників площі листкової поверхні рослин ячменю та фотосинтетичної діяльності сортів ячменю озимого залежно від комплексного застосування доз мінеральних добрив та біопрепаратів в умовах Лісо-степу Правобережного.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідження з наукових основ визначення показників фотосинтетичної діяльності та підвищення врожайності ячменю озимого проводили відомі вчені В.Ф. Камінський, А.В. Панфілова, В.В. Гамаюнова, М.І. Федорчук та ін.

Фотосинтез зелених рослин — унікальне природне явище, яке лежить в основі всієї біосфери Землі, в т. ч. і людства. Скорочення площі ефективно функціонуючого зеленого покриву як безпосередньо від людської діяльності, так і внаслідок посилення контрастності погодних умов, передусім, температури і вологозабезпеченості [7].

Вчені Гамаюнова В.В., Дворецький В.Ф., Сидякіна О.В., Глушко Т.В. [8] у своїх дослідженнях відмічають, що врожай зерна за-

лежить від дії фотосинтезу, в процесі якого з простих речовин утворюються багаті енергією складні та різноманітні за хімічним складом органічні сполуки. Як відомо, одним із найбільш динамічних показників фотосинтетичної діяльності рослин є площа листкової поверхні. Потужність асиміляційного апарату і тривалість його роботи є вирішальними чинниками продуктивності фотосинтезу, які визначають розміри врожаю та якість зернової продукції. Важливим елементом технології вирощування, який впливає на формування та тривалість активного функціонування площі листкової поверхні, є система удобрення. Під її впливом посилюються обмінні процеси в рослинах, інтенсифікується процес фотосинтезу, завдяки цьому під час внесення азотних добрив, рослини мають більшу площу асиміляційної поверхні, що впливає на засвоєння поживних речовин та підвищення продуктивності посівів [9].

Повністю забезпечити потреби культури в мінеральному живленні із ґрунту неможливо внаслідок низки чинників, які погіршують доступність N, P, K. Тим часом, правильно підібрані мікродобрива, внесені у критичні фенофази, на 10–15% підвищують коефіцієнти засвоєння основних елементів мінерального живлення із добрив і ґрунту, послаблюють антистресовий ефект і на 10–20% збільшують урожайність.

Застосування мінеральних добрив залишається найбільш впливовим і необхідним чинником підвищення продуктивності рослин та ефективним засобом збереження родючості ґрунту. Від застосування добрив у оптимальних кількостях, урожайність культур зростає в середньому на 30–40%, а за зрошення — до 75%. До того ж, забезпеченість сільськогосподарських рослин оптимальними умовами живлення підвищує ефективність використання наявної вологи в ґрунті незалежно від кліматичних умов років вирощування, що встановлено багатьма дослідженнями [10; 11]. Азотне голодування рослин у молодому віці спричиняє різке відставання їх у рості, зменшує коефіцієнт засвоєння світлової енергії, послаблює розвиток асимілюючої поверхні

та скорочує тривалість функціонування листків [12].

Під впливом азотних добрив збільшується площа листків і подовжується асиміляційний період функціонування рослин ячменю, в результаті чого фотосинтетичний потенціал, кількість продуктивних стебел, біомаса і врожайність ячменю різко збільшуються. Внесення підвищених доз азотних добрив призводить до погіршення освітленості посівів через надмірний ріст рослин, у результаті чого зменшується інтенсивність фотосинтезу та споживання елементів живлення, зокрема азоту, що викликає вилягання посівів. Пальчук Н.С. [13], у своїй дисертаційній роботі стверджує, що внесення фосфору збільшує куцистість рослин, запобігає вилягання, прискорює досягання та підвищує якість зерна. Норма внесення фосфору коливається в межах 40–100 кг/г.

Калій бере участь у фотосинтезі, є активатором роботи ферментів, сприяє збільшенню площі листового апарату, підтримує тургор та покращує стійкість рослин до стресу. Внесення калію сприяє формуванню більш виповненого зерна, підвищується стійкість соломини до вилягання, збільшує стійкість рослин до ураження хворобами, ячмінь краще витримує посуху. Норма внесення калію коливається від 60 до 120 кг/га. Повну норму фосфорних і калійних добрив у зоні Степу, Лісостепу, Полісся вносять під основний обробіток ґрунту [14].

Серед чинників підвищення врожайності зерна озимого ячменю мінеральні добрива є найбільш легкокерованим чинником. У досліді, де вивчали вплив добрив та фунгіцидного захисту, на сорті Вінтмалт ми спостерігали таку закономірність: зі збільшенням кількості мінеральних добрив отримано вищу врожайність. На низькому фоні добрив ($N_{40}P_{30}K_{40}$) урожайність становила 6,27 т/га в середньому за два роки досліджень, на високому фоні добрив ($N_{120}P_{90}K_{120}$) вона зросла до 7,72 т/га, що на 0,3 т/га вище від урожайності на фоні $N_{80}P_{60}K_{80}$ і на 1,45 т/га більше від мінімальної норми добрив [15].

Позакоренеve підживлення сільськогосподарських культур останнім часом набуло особливого поширення, передусім завдяки високій економічній рентабельності. Серед зернових колосових культур ячмінь найбільш чутливий до нестачі міді і бору, також на лужних ґрунтах доволі часто спостерігається нестача марганцю. Особливо сильно зростає потреба в мікроелементах у ячменю за внесення підвищених доз фосфору і калію. Це пов'язано з тим, що під час внесення високих доз фосфору зменшується доступність рослинам ячменю цинку, високих доз калію — бору.

Для поліпшення росту та розвитку сільськогосподарських рослин, разом з основним удобренням важливе значення має оптимальне застосування біопрепаратів, мікродобрив та біостимуляторів, які містять важливі мікроелементи, фітогормони й активатори росту рослин [16; 17].

Так, науковці І.І. Мосійчук, Л.В. Гаврилюк, І.В. Безноско, Ю.А. Туровнік [18] у своїй науковій праці відмічають позитивну дію біопрепаратів та мікродобрив у посівах ячменю ярого. За обробки по листку ячменю ярого у фазі куцання мікродобривом та стимулятором росту спостерігали збільшення площі листової поверхні рослин ячменю ярого у фазі виходу у трубку й колосіння, яка становила на сорті Себастьян від 12,35 до 37,22 тис. м²/га, а на сорті Геліос — від 11,19 до 36,10 тис. м²/га.

Передпосівна обробка насіння та обприскування посівів ячменю ярого у фазі куцання стимуляторами Елін-екстра та Циркон у дозах 50 г/га та 1% розчином Бішофіту в дозі 2 л/га сприяли прискоренню настання фенологічних фаз, а також загалом скороченню тривалості вегетаційного періоду порівняно з контролем. Застосування цих препаратів на стадії куцання рослин ячменю сприяло збільшенню площі листової поверхні рослин, що, своєю чергою, призвело до підвищення фотосинтетичного потенціалу посівів культури ячменю та продуктивності фотосинтезу. Найбільший ефект спостерігали за використання розчину Бішофіту [19].

Питання оптимізації живлення рослин із метою підвищення рівня продуктивності зерна ячменю озимого, шляхом впливу на ростові показники і активацію фізіологічних процесів, є ще недостатньо вивченим і потребує подальших досліджень.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводились на дослідному полі Вінницького національного аграрного університету. Ґрунт — сірий лісовий середньосуглинковий. Агрохімічні показники є типовими для зони Лісостепу і придатний для вирощування ячменю озимого.

У дослідженнях попередником ячменю озимого була соя. Під передпосівну культивуацію вносили складні добрива діамофоску. Висівали два сорти ячменю озимого Атлант Миронівський і Пасо у третій декаді вересня зерною сівалкою СЗ-3,6. Спосіб сівби із шириною міжрядь 15 см. Норма висіву насіння становила — 4,0 млн схожих насінин на 1 га. Глибина загортання насіння в ґрунт 5–6 см. Після посіву здійснювали коткування кільчастощповорими котками.

Упродовж періоду вегетації рослин проводилось ранньовесняне боронування, внесення регулятора росту Модус у нормі 0,5 л/га, гербіциду Агрітокс у нормі 1 л/га, фунгіциду Грінфорт ФФ 250 у нормі 2,0 л/га та інсектициду Нокаут у нормі 0,15 л/га.

Програма наукових досліджень базувалась на результатах виявлення та спостереження застосування мінеральних добрив залежно від фону мінерального живлення у технологіях вирощування ячменю озимого, а також на експериментальних дослідженнях ефективності позакореневого внесення карбаміду й біостимулятора Агрінос на формування врожаю ячменю озимого.

Агрінос Б — біостимулятор та антистрессант зі збалансованим комплексом елементів живлення. Склад: протеїн — 6,2%; вільні амінокислоти — 4,5; хітозан, глюкозамін — 4; вуглець — 7,2; азот — 1,2; калій — 0,7%; залізо — 46 мг/кг; магній — 5,6 мг/кг; мідь —

6 мг/кг; рН — 4. Норма внесення 1,0–1,5 л/га.

Препарат здійснює потужну біостимулювальну дію та знижує негативний вплив від дії абіотичних стресів (засуха, хімічні чинники та ін.). За рахунок комбінації потужних складників Агрінос Б надає можливість повною мірою розкрити генетичний потенціал сільськогосподарських культур.

Площу листків у фенологічні фази визначали методом висічок. Листки з проби зважували, робили висічки спеціальним ключем визначеного діаметра та обраховували площу листка за формулою [20]:

$$S = M \times S_1 / M_1,$$

де M — загальна маса листка, г; S_1 — площа однієї висічки, см²; M_1 — маса висічок, г.

Чисту продуктивність фотосинтезу визначали за формулою Кідда-Веста-Бріггса. Польові та лабораторні дослідження проводили відповідно до методики польових дослідів і методичних рекомендацій [21]. Облікова площа ділянок 42 м² при триразовій повторності. Врожай збирали малогабаритним комбайном «Сампо-500».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Одним із чинників, що регулює величину площі асиміляційної поверхні, є режим живлення рослин. Тому в період вегетації культури необхідно створювати найсприятливіші умови живлення для формування рослинами оптимальної площі листкового апарату й ефективної фотосинтетичної діяльності.

Результати експериментальних досліджень показали, що площа листкової поверхні ячменю ярого варіювала в широких межах і залежала від низки зовнішніх чинників, які є відносно постійними (освітленість, температура, вміст вуглекислоти в атмосфері тощо), так і від застосування окремих агротехнічних заходів вирощування культури (обробка насіння, використання добрив тощо). Вміст мінеральних та органічних речовин у ґрунті, повітряний і водний режим ґрунту є чинниками, на які можна безпосередньо впливати та контролювати.

Одним із визначальних критеріїв одержання високих урожаїв зерна ячменю за дотримання і чіткого та своєчасного виконання регламенту агротехнології, є добір сортів різних груп стиглості з високим потенціалом врожайності та підвищеною адаптивністю до несприятливих абіотичних чинників певної зони вирощування. Вирощування районованих сортів призводить до максимальної реалізації їх генетичного потенціалу продуктивності [22].

Аналіз даних площі листової поверхні була найвищою у фазі колосіння ячменю озимого на всіх варіантах досліджу. В результаті досліджень, виявлено що на формування площі листової поверхні впливають сортові особливості ячменю озимого, мінеральні добрива та біостимулятори. Так, на контрольних варіантах (без добрив) площа листової поверхні рослин ячменю вітчизняного сорту Атлант Миронівський була на рівні 32,62 тис. м²/га, тоді як сорту іноземної селекції ПАСО, відповідно 33,42 тис. м²/га. Аналізуючи вплив мінерального живлення на формування площі листової поверхні було встановлено, що внесення мінеральних добрив у нормі N₁₀P₂₆K₂₆ + N₃₄ в підживлення у фазі початок кущення + N₄₆ початок виходу рослин у трубку забезпечило збільшен-

ня площі листків рослин ячменю озимого сорту Атлант Миронівський до рівня 57,26 тис. м²/га, що більше за контрольний варіант на 24,64 тис. м²/га, відповідно сорт ячменю іноземної селекції ПАСО — 58,90 тис. м²/га, що переважає за контрольний варіант на 27,71 тис. м²/га. Найвищі показники площі листової поверхні рослин ячменю озимого були зафіксовані на ділянках, де вносились мінеральні добрива, проводилось позакореневе підживлення азотними добривами і застосовувався біостимулятор Агрінос Б. Так, за внесення мінеральних добрив і біостимулятора N₁₀P₂₆K₂₆ + N₄₆ + N₈ + Агрінос Б, 1,0 л/га у фазі початок виходу в трубку площа листової поверхні рослин у фазі колосіння була найвища, у сорту Атлант Миронівський — 58,30 тис. м²/га, що більше за контрольні ділянки на 25,68 тис. м²/га, сорту ячменю ПАСО — 61,13 тис. м²/га, що переважає за контрольні ділянки на 27,71 тис. м²/га (табл. 1).

Отже, формування листової поверхні було істотно різним залежно від сортових особливостей, варіантів внесення мінеральних добрив ячменю озимого та біостимулятора. Тому, в період вегетації ячменю озимого необхідно створювати найсприятливіші умови для росту і розвитку рослин,

Таблиця 1. Вплив мінеральних добрив та біостимулятора на площу листової поверхні рослин ячменю озимого (тис. м²/га) у фазі колосіння (середнє за 2020–2022 рр.)

Сорт	Варіант внесення	тис. м ² /га	± до контр.
Атлант Миронівський	Контроль (без добрив)	32,62	—
	N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆ + N ₃₄ підживлення у фазі початок кущення (Фон)	39,15	+6,53
	Фон + N ₄₆ початок виходу рослин у трубку	57,26	+24,64
	Фон + N ₄₆ початок виходу рослин у трубку + N ₈ + Агрінос Б, 1,0 л/га у фазі кінець виходу в трубку	58,30	+25,68
ПАСО	Контроль (без добрив)	33,42	—
	N ₁₀ P ₂₆ K ₂₆ + N ₃₄ підживлення у фазі початок кущення (Фон)	40,27	+6,85
	Фон + N ₄₆ початок виходу рослин у трубку	58,90	+25,48
	Фон + N ₄₆ початок виходу рослин у трубку + N ₈ + Агрінос Б, 1,0 л/га у фазі кінець виходу в трубку	61,13	+27,71

аби вони сформували оптимальну площу листового апарату для ефективної фотосинтетичної діяльності.

Слід відмітити, що площа листової поверхні, чиста продуктивність фотосинтезу і фотосинтетичний потенціал посіву сортів ячменю озимого наведений у середньому за три роки досліджень, проте вони істотно різнились за роками вирощування. Продуктивність фотосинтезу характеризується не лише розмірами асиміляційного апарату та тривалістю його функціонування, але й інтенсивністю роботи листків культури, що здійснює фотосинтез. Кількість органічної речовини на одиницю листової поверхні за певний проміжок часу характеризує такий показник, як чиста продуктивність фотосинтезу. Цей показник залежить від фази розвитку рослин і технологічних заходів, які проводяться за вирощування ячменю озимого.

Фотосинтетичний потенціал посівів ячменю озимого досить мінливий показник,

який залежить як від умов вегетації рослин, так і від досліджуваних заходів. Як свідчать результати досліджень, фотосинтетичний потенціал знаходиться в прямій залежності від дози мінеральних добрив, строків їх внесення та використання біостимуляторів при інтенсивній технології вирощування культури. Так, у середньому за три роки досліджень за дози добрив $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{34}$ в підживлення у фазі початок кушення фотосинтетичний потенціал сорту ячменю озимого Атлант Миронівський становив 1,76 млн г/м² за добу, сорту ПАСО, відповідно 1,90 млн г/м² за добу, що більше за контрольні ділянки на 0,58–0,69 млн г/м² за добу.

У фазі колосіння чиста продуктивність фотосинтезу на варіантах досліді сорту ячменю озимого Атлант Миронівський досягла показника 2,12–3,04 г/м² за добу та сорту ПАСО – 2,16–3,12 г/м² за добу. Найвищі показники чистої продуктивності відмічено на ділянках, де вносились мінераль-

Таблиця 2. Чиста продуктивність фотосинтезу та фотосинтетичний потенціал сортів ячменю озимого залежно від мінеральних добрив і біостимулятора у весняно-літній період вегетації (середнє за 2020–2022 рр.)

Сорт	Варіант внесення	Чиста продуктивність фотосинтезу		Фотосинтетичний потенціал	
		г/м ² за добу	± до контр.	млн г/м ² за добу	± до контр.
Атлант Миронівський	Контроль (без добрив)	2,12	–	1,18	–
	$N_{10}P_{26}K_{26} + N_{34}$ підживлення у фазі початок кушення (Фон)	2,40	+0,28	1,76	+0,58
	Фон + N_{46} початок виходу рослин у трубку	2,85	+0,73	2,10	+0,92
	Фон + N_{46} початок виходу рослин у трубку + N_8 + Агрінос Б, 1,0 л/га у фазі кінець виходу в трубку	3,04	+0,92	2,20	+1,02
ПАСО	Контроль (без добрив)	2,16	–	1,21	–
	$N_{10}P_{26}K_{26} + N_{34}$ в підживлення у фазі початок кушення (Фон)	2,51	+0,35	1,90	+0,69
	Фон + N_{46} початок виходу рослин у трубку	3,06	+0,90	2,36	+0,97
	Фон + N_{46} початок виходу рослин у трубку + N_8 + Агрінос Б, 1,0 л/га у фазі кінець виходу в трубку	3,12	+0,96	2,42	+1,03

ні добрива та біостимулятор $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{46} + N_8$ + Агрінос Б, 1,0 л/га у фазі початок виходу в трубку, сорту Атлант Миронівський — 3,04 г/м² за добу, що більше за контрольні ділянки на 0,92 г/м² за добу, сорту ПАСО 3,12 г/м² за добу, що переважає за контрольні ділянки на 0,96 г/м² за добу (табл. 2).

Мінеральні добрива меншою мірою підвищують інтенсивність фотосинтезу, проте значно збільшують площу листової поверхні, тому на одиницю площі листків припадає менше продуктів фотосинтезу. За рахунок більшого фотосинтетичного потенціалу добрива підвищують загальну фотосинтетичну діяльність сортів ячменю озимого.

Отже, застосування мінеральних добрив за основного удобрення та внесення під час вегетації азотних добрив, а також позакореневого внесення карбаміду з біостимулятором Агрінос Б сприяє кращому росту та розвитку рослин ячменю озимого, в результаті чого істотно збільшуються показники фотосинтетичного потенціалу та чиста продуктивність фотосинтезу, яка в подальшому впливає на продуктивність культури.

ВИСНОВКИ

У результаті досліджень, виявлено що на формування площі листової поверхні впливають сортові особливості ячменю озимого, мінеральні добрива та біостимулятор. Так, на контрольних варіантах (без добрив) площа листової поверхні рослин ячменю вітчизняного сорту Атлант Миронівський була на рівні 32,62 тис. м²/га, тоді як сорту іноземної селекції ПАСО, відпо-

відно 33,42 тис. м²/га. Найвищі показники площі листової поверхні рослин ячменю озимого були зафіксовані на ділянках, де вносились мінеральні добрива, проводилось позакореневе підживлення азотними добривами і вносився біостимулятор Агрінос Б. Під час внесення мінеральних добрив і біостимулятора $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{46} + N_8$ + Агрінос Б, 1,0 л/га у фазі початок виходу в трубку площа листової поверхні рослин у фазі колосіння була найвища, у сорту Атлант Миронівський — 58,30 тис. м²/га, що більше за контрольні ділянки на 25,68 тис. м²/га, сорту ячменю ПАСО — 61,13 тис. м²/га, що переважає за контрольні ділянки на 27,71 тис. м²/га. Фотосинтетичний потенціал знаходиться в прямій залежності від дози мінеральних добрив, строків їх внесення та використання біостимуляторів при технології вирощування ячменю озимого. В середньому за три роки досліджень за внесення дози добрив $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{34}$ в підживлення у фазі початок кушення фотосинтетичний потенціал сорту ячменю озимого Атлант Миронівський становив 1,76 млн г/м² за добу, сорту ПАСО, відповідно 1,90 млн г/м² за добу, що більше за контрольні ділянки на 0,58–0,69 млн г/м² за добу. Найвищі показники чистої продуктивності відмічено на ділянках, де вносились мінеральні добрива і біостимулятор $N_{10}P_{26}K_{26} + N_{46} + N_8$ + Агрінос Б, 1,0 л/га у фазі початок виходу в трубку, сорту Атлант Миронівський — 3,04 г/м² за добу, що переважає за контрольні ділянки на 0,92 г/м² за добу, сорту ПАСО 3,12 г/м² за добу, що більше за контрольні ділянки на 0,96 г/м² за добу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Parfeniuk A., Turovnik Yu., Beznosko I. et al. Mycobio-
me of sunflower rhizosphere in organic farming. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11 (2). P. 149–154.
2. Войтова Г.П. Вплив систем удобрення на уро-
жайність ячменю ярого в умовах Правобереж-
ного Лісостепу. *Зернові культури*. 2021. Т. 5. № 1.
С. 72–77.
3. Нагірний В.В. Вплив строків сівби та мікродоб-
рів на продуктивність сортів ячменю озимого в
умовах півдня України: дис. ... канд. с.-г наук:
06.01.09. Херсон, 2020. 208 с.
4. Камінський В.Ф., Сайко В.Ф. Стратегія оптимі-
зації використання земельних ресурсів в агро-
промисловому виробництві в Україні в контексті
світового стабільного розвитку. *Вісник аграрної
науки*. 2014. № 3. С. 5–10.
5. Шкатула Ю.М., Барський Д.О. Урожайність ози-
мого ячменю залежно від системи удобрення.
Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 1
(21). С. 87–100.
6. Біопрепарати можуть збільшити урожайність ку-
курудзи на 10%. URL: <https://superagronom.com/>

- news/10026-biopreparati-mojut-sbilshiti-uroжайnist-kukurudzi-na-10 (дата звернення: 02.07.2023).
7. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин: підруч. Київ, 2005. 808 с.
 8. Гамаюнова В.В., Дворецький В.Ф., Сидякіна О.В., Глушко Т.В. Формування надземної маси ярих пшениці та тритикале під впливом оптимізації їх живлення на півдні України. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017. № 2 (61). Т. 1. С. 20–28.
 9. Каленська С.М., Токар Б.Ю. Урожайність ячменю ярого в залежності від рівня мінерального живлення. *Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2015. Вип. 23. С. 30–33.
 10. Hospodarenko H.M., Prokorchuk I.V., Stasinievych O.Yu. and Boiko V.P. Influence of fertilizer application ratio on field crop rotation effectiveness. *Scientific Horizons*. 2019. Vol. 3 (76). P. 80–86.
 11. Польовий В.М., Ткач Є.Д., Лукашук Л.Я. Продуктивність ячменю ярого залежно від удобрення та вапування в умовах Західного Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 1. С. 83–90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201276>.
 12. Балюк С.А., Носко Б.С., Шимель В.В. та ін. Оптимізація живлення рослин у системі факторів ефективної родючості ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 3 (792). С. 12–19.
 13. Пальчук Н.С. Формування зернової продуктивності пшениці озимої залежно від сорту, попередника та мінерального живлення в північному Степу України: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.09. Дніпропетровськ, 2015. 181 с.
 14. Балюк С.А., Мірошніченко М.М. Система удобрення сільськогосподарських культур в землеробстві початку XXI століття: моногр. Київ, 2016. 400 с.
 15. Лихочвор В.В., Матковська М.В. Урожайність сортів озимого ячменю залежно від норм добрив, морфорегуляторів та фунгіцидів в умовах Західного Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 62. С. 91–101.
 16. Вінюков О.О., Коробова О.М., Бондарева О.Б., Коноваленко Л.І. Використання біо- та рістрегулюючих препаратів для підвищення продуктивності та якості зерна ячменю ярого. *Збалансоване природокористування*. 2017. Вип. 3. С. 46–50.
 17. Єгорова Т.М., Корнілова Н.А., Мінералов О.І. Вплив критичного надлишку мікроелементів на розвиток культури ячмінь (*Hordeum*). *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 86–91. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263322>.
 18. Мосійчук І.І., Гаврилюк Л.В., Безноско І.В. та ін. Вплив біопрепаратів Вимпел 2, Оракул мультикомплекс та їх суміші на рослини ячменю ярого (*Hordeum L.*) різних сортів. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 2. С. 91–99. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283701>.
 19. Короткова І.В., Горобець М.В., Чайка Т.О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярого. *Вісник ПДАА*. 2021. № 2. С. 20–30.
 20. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2004.01.01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
 21. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковихін С.В. Методика польового досліду: навч. посіб. Херсон: Гринь Д.С., 2014. 448 с.
 22. Повидало В.М., Коломієць Л.П., Шевченко І.П. Продуктивність ячменю ярого в системі ґрунтозахисного біологічного землеробства. Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН». Київ, 2014. С. 48–54.

REFERENCES

1. Parfeniuk, A., Turovnik, Yu. & Beznosko, I. (2021). Mycobiome of sunflower rhizosphere in organic farming. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (2), 149–154 [in English].
2. Voitova, H.P. (2021). Vplyv system udobrennia na urozhainist yachmeniu yaroho v umovakh Pravoberezhnogo lisostepu [The influence of fertilization systems on the yield of spring barley in the conditions of the Right Bank forest-steppe]. *Zernovi kultury — Cereal crops*, 1, 5, 72–77 [in Ukrainian].
3. Nahirnyi, V.V. (2020). Vplyv strokiv sivby ta mikro-dobryv na produktyvnist sortiv yachmeniu ozymoho v umovakh pivdnia Ukrainy [The influence of sowing dates and microfertilizers on the productivity of winter barley varieties in the conditions of southern Ukraine]. *Candidate's thesis*. Kherson [in Ukrainian].
4. Kaminskyi, V.F. & Saiko, V.F. (2014). Stratehiia op-tymizatsii vykorystannia zemelnykh resursiv v ahro-promyslovomu vyrobnytstvi v Ukraini v konteksti svitovoho stabilnogo rozvytku [Strategy for optimizing the use of land resources in agro-industrial production in Ukraine in the context of global sustainable development]. *Visnyk ahrarynoi nauky — Herald of Agrarian Science*, 3, 5–10 [in Ukrainian].
5. Shkatula, Yu.M. & Barskyi, D.O. (2021). Urozhainist ozymoho yachmeniu zalezchno vid systemy udobrennia [Yield of winter barley depending on the fertilization system]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo — Agriculture and forestry*, 1, 21, 87–100 [in Ukrainian].
6. Biopreparaty mozhut zbilshyty urozhainist kukurudzy na 10% [Biological preparations can increase the yield of corn by 10%]. (2023). URL: (data zvernennia: 02.07.2023) [in Ukrainian].
7. Musiienko, M.M. *Fiziolohiia roslyn: pidruchnyk [Physiology of plants: a textbook]*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Hamaiunova, V.V., Dvoret'skyi, V.F., Sydiakina, O.V. & Hlushko, T.V. (2017). Formuvannia nadzemnoi masy yarykh pshenytsi ta trytykale pid vplyvom op-tymizatsii yikh zhyvlennia na pivdni Ukrainy [Formation of above-ground mass of spring wheat and triticale under the influence of optimization of their nutrition in the south of Ukraine]. *Visnyk ZhNAEU — Bulletin of ZhNAEU*, 23, 20–28 [in Ukrainian].
9. Kalenska, S.M. & Tokar, B.Yu. (2015). Urozhainist yachmenia yaroho v zalezchnosti vid rivnia mineral-

- noho zhyvlennia [Yield of spring barley depending on the level of mineral nutrition]. *Institut bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv — Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 23, 30–33 [in Ukrainian].
10. Hospodarenko, H.M., Prokopchuk, I.V., Stasinievych, O.Yu. & Boiko, V.P. (2019). Influence of fertilizer application ratio on field crop rotation effectiveness. *Scientific Horizons*, 3 (76), 80–86 [in English].
 11. Poloviy, V.M., Tkach, Ye.D. & Lukashchuk, L.Ya. (2020). Produktivnist yachmeniu yaroho zalezchno vid udobrennia ta vapnuvannia v umovakh Zakhidnoho Polissia [Productivity of spring barley depending on fertilization and liming in the conditions of Western Polissia]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 83–90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201276> [in Ukrainian].
 12. Baliuk, S.A., Nosko, B.S. & Shymel, V. V. (2019). Optyimizatsiia zhyvlennia roslyn u systemi faktoriv efektyvnoi rodiuchosti gruntiv [Optimization of plant nutrition in the system of factors of effective soil fertility]. *Visnyk ahrarynoi nauky — Bulletin of Agricultural Science*, 3 (792), 12–19 [in Ukrainian].
 13. Palchuk, N.S. (2015). Formuvannia zernovoi produktivnosti pshenytsi ozymoi zalezchno vid sortu, poperednyka ta mineralnogo zhyvlennia v pivnichnomu Stepu Ukrainy [Formation of grain productivity of winter wheat depending on variety, predecessor and mineral nutrition in the northern Steppe of Ukraine]. *Candidate's thesis*. Dnipropetrovsk [in Ukrainian].
 14. Baliuk, S.A. & Miroschnychenko, M.M. (2016). *Sistema udobrennia silskohospo-darskykh kultur v zemlerobstvi pochatku XXI stolittia: monohrafiia [The system of fertilisation of agricultural crops in agriculture of the early XXI century: monograph]*. Kyiv [in Ukrainian].
 15. Lykhochvor, V.V. & Matkovska, M.V. (2017). Urozhainist sortiv ozymoho yachmeniu zalezchno vid norm dobryv, morforehuliatoriv ta funhitsydiv v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [Yields of winter barley varieties depending on fertiliser rates, morphoregulators and fungicides in the Western Forest-Steppe]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo — Foothill and mountain agriculture and livestock farming*, 62, 91–101 [in Ukrainian].
 16. Viniukov, O.O., Korobova, O.M., Bondareva, O.B. & Konovalenko, L.I. (2017). Vykorystannia bio- ta ristrehuliuiuchykh preparativ dlia pidvyshchennia produktyvnosti ta yakosti zerna yachmeniu yaroho [The use of bio- and growth-regulating agents to improve the productivity and quality of spring barley grain]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Sustainable use of natural resources*, 3, 46–50 [in Ukrainian].
 17. Yehorova, T.M., Kornilova, N.A. & Mineralov, O.I. (2022). Vplyv krytychnoho nadlyshku mikroelementiv na rozvytok kultury yachmin (*Hordeum*) [Influence of critical excess of microelements on the development of barley (*Hordeum*)]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 86–91. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263322> [in Ukrainian].
 18. Mosiichuk, I.I., Havryliuk, L.V. & Beznosko, I.V. (2023). Vplyv biopreparativ Vympel 2, Orakul multykompleks ta yikh sumishi na roslyny yachmeniu yaroho (*Hordeum* L.) riznykh sortiv [The effect of biological preparations Vimpel 2, Oracle multicomplex and their mixtures on plants of spring barley (*Hordeum* L.) of different varieties]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 91–99. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283701> [in Ukrainian].
 19. Korotkova, I.V., Horobets, M.V. & Chaika, T.O. (2021). Vplyv stymuliatoriv rostu na produktyvnist sortiv yachmeniu yaroho [Effect of growth stimulants on the productivity of spring barley varieties]. *Visnyk PDAA — Bulletin of the PDAA*, 2, 20–30 [in Ukrainian].
 20. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti [Crop seeds. Methods of quality determination]. (2003). *DSTU 4138-2002 from 1st January 2004*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
 21. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P. & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu: navchal'nyy posibnyk [Methods of field research: a study guide]*. Kherson: Hrin [in Ukrainian].
 22. Povyddalo, V.M., Kolomiets, L.P. & Shevchenko, I.P. (2014). Produktivnist yachmeniu yaroho v systemi gruntozakhysnoho biolohichnoho zemlerobstva [Productivity of spring barley in the system of soil protection biological farming]. *Natsionalnyi naukovyi tsentr «Institut zemlerobstva NAAN» — National Scientific Centre «Institute of Agriculture of NAAS»*, 48–54 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 18.08.2023