

ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПОСІВІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ ТА СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ А.В. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-8199-681X

Миколаївський національний аграрний університет

ГОНЧАРЕНКО Є.В. – аспірант

orcid.org/0009-0008-2093-4309

Миколаївський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) є однією з провідних зернових культур України, продуктивність якої значною мірою визначається ефективністю формування фотосинтетичного апарату та здатністю рослин максимально використовувати доступні ресурси вологи, елементів живлення і сонячної радіації у період вегетації. Особливого значення ці питання набувають у Південному Степу України, де дефіцит вологи, високі температури та нерівномірність опадів упродовж вегетаційного періоду сільськогосподарських культур обмежують реалізацію генетичного потенціалу сортів. У таких умовах оптимізація живлення та добір сортів із високою адаптивністю є важливими складовими технології вирощування сільськогосподарських культур, в т. ч. і ячменю ярого.

Фотосинтетична діяльність посівів визначається комплексом показників, серед яких особливе значення мають площа листової поверхні, фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу. Саме сформований асиміляційний апарат визначає потенційну здатність посіву акумулювати сонячну енергію та трансформувати її в органічну речовину.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями встановлено, що площа листової поверхні рослин та фотосинтетичний потенціал ячменю ярого істотно залежать як від генотипу, так і від рівня мінерального живлення [1, 2]. Зокрема, встановлено, що застосування азотних добрив сприяє значному збільшенню площі листової поверхні рослин, а поєднання азоту з фосфором і калієм забезпечує більш інтенсивне формування фотосинтетичного апарату рослин [1]. У дослідженнях Г. М. Господаренка та співавторів за вирощування ячменю ярого голозерного внесення повного мінерального добрива $N_{70}P_{60}K_{70}$ збільшувало площу листової поверхні у фазі BBCH 50 у 2,3–3,3 раза залежно від року досліджень [1].

Перспективним напрямом оптимізації фотосинтетичної діяльності посівів сільськогосподарських культур є використання біологічних препаратів, біостимуляторів та мікродобрив. Їх застосування може сприяти активізації ростових процесів, збільшенню площі асиміляційної поверхні, підвищенню вмісту хлорофілу та продовженню

функціонування фотосинтезуючого апарату. Horobets et al. [3] встановили, що застосування стимуляторів росту на посівах ячменю ярого сприяло збільшенню тривалості роботи асиміляційної поверхні на 11,1%, фотосинтетичного потенціалу – на 5,7%, а чистої продуктивності фотосинтезу – приблизно на 10%.

Подібні закономірності встановлено Гамаюною В. В. та Кувшиною А. О. [4] за вирощування ячменю озимого в умовах Південного Степу України. Позакореневі підживлення сучасними біопрепаратами позитивно впливали на площу листової поверхні, фотосинтетичний потенціал і чисту продуктивність фотосинтезу. Встановлено також, що дворазове проведення підживлень упродовж вегетації було ефективнішим за одноразове, а реакція на біопрепарати залежала від сортових особливостей [4].

Підтвердження позитивної ролі біологічних препаратів отримано й у інших дослідженнях. Березовський А. В. [5] встановив, що комплексне застосування препаратів Biozlak і Baktiva на ячмені якому голозерному підвищувало чисту продуктивність фотосинтезу на 10–19%, а найвищі показники формувалися за поєднання передпосівної обробки насіння та післясходового застосування біопрепаратів. Безноско І. В. та ін. [6] також підтверджують, що регулятори росту та мікродобрива здатні активізувати накопичення хлорофілу, фотосинтетичну активність хлоропластів та чисту продуктивність фотосинтезу ячменю.

Важливим є поєднання сортової адаптивності та біологізації технології вирощування. Сучасні зарубіжні дослідження демонструють перспективність використання мікробних біостимуляторів для підвищення стійкості ячменю ярого до дефіциту вологи. Ferioun et al. [7] зазначають, що посухостійкі генотипи в поєднанні з мікробними інокулянтами можуть сприяти підтриманню росту, фотосинтетичної активності та продуктивності рослин за водного стресу. Це особливо актуально для Південного Степу України, де дефіцит вологи є одним із ключових лімітуючих чинників продуктивності ячменю ярого.

Водночас взаємодія між сортом і системою живлення залишається недостатньо вивченою. Дослідження взаємодії сорт × удобрення показують, що сучасні та старі генотипи ячменю ярого можуть істотно відрізнятися за ефективністю використання елементів живлення.



Зокрема, у дослідженні 2024 року встановлено, що сорт та режим удобрення впливали на біомасу рослин, концентрацію елементів живлення та склад ризосферного мікробіому [8]. Таким чином, однакова система удобрення не обов'язково забезпечує однакову фізіологічну реакцію різних генотипів.

Особливого значення набуває оцінювання фотосинтетичної ефективності саме в умовах недостатнього та нестабільного зволоження. Дослідження показують, що водний дефіцит негативно впливає на площу листової поверхні, біомасу, фотосинтетичну діяльність посівів та кінцеву продуктивність ячменю, а сорти мають різну здатність підтримувати фізіологічну активність за стресових умов [7, 9].

Метою статті є визначити вплив сортових особливостей, передпосівної інокуляції насіння та позакоренових підживлень рослин у період вегетації на фотосинтетичну діяльність посівів ячменю ярого в умовах Південного Степу України.

Матеріали та методика досліджень. Експериментальні дослідження проводили у 2023 – 2025 рр. в умовах Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем південний, залишково-слабкосолонцюватий важкосуглинковий на лесах. Дослідне поле розміщене в третьому агрокліматичному районі та належить до підзони Південного Степу України. Клімат території є помірно континентальним і вирізняється теплим та відносно сухим характером, а також нестабільністю снігового покриву. Упродовж років досліджень гідротермічні умови значно варіювали, що дало змогу забезпечити репрезентативність і об'єктивність отриманих результатів.

Схема досліду включала наступні варіанти: Фактор А – сорт: 1. Надійний; 2. Таманго. Фактор В – передпосівна обробка насіння: 1. Контроль (без обробки); 2. Фітоцид-р (1 л/т); 3. МікоФренд (1 л/т). Фактор С – позакореневе підживлення посівів: 1. Обробка водою; 2. HELPROST® Універсальний (2 л/га); 3. ГуміФренд (0,5 л/га).

Підживлення посівів добривами проводили двічі за вегетацію – на початку фаз виходу рослин ячменю ярого у трубку та колосіння. Норма робочого розчину складала 200 л/га.

Агротехніка вирощування ячменю ярого в досліді була загальноприйнятою для Степової зони. Попередником під ячмінь ярий в досліді була пшениця озима. Сівбу проводили рядковим способом (15 см) при настанні фізичної стиглості ґрунту сівалкою СЗ-3,6, норма висіву – 3,5 млн. шт./га. Залежно від особливостей року сівбу проводили в третій декаді березня – першій декаді квітня. Мінеральні добрива вносили в дозі $N_{30}P_{30}$.

Проведення дослідів супроводжувалось обліками та аналізами за загальноприйнятими методиками.

Результати досліджень. Важливим показником росту й розвитку рослин ячменю ярого є площа листової поверхні, яка характеризує сформованість асиміляційного апарату та потенційні можливості посівів щодо накопичення органічної речовини. На величину площі листової поверхні рослин впливають сортові особливості,

умови вирощування, забезпеченість рослин елементами живлення, а також застосування біологічних препаратів. Особливе значення у наростанні зазначеного показника має поєднання передпосівної обробки насіння біопрепаратами та позакореневе підживлення посівів у період вегетації рослин ячменю ярого сучасними препаратами, що сприяє активізації ростових процесів і формуванню потужнішої листової поверхні.

Нашими дослідженнями встановлено, що площа листової поверхні рослин ячменю ярого істотно залежала від сортових особливостей та варіантів застосування передпосівної обробки насіння і проведення позакоренових підживлень посівів у період вегетації (табл. 1).

Результатами наших досліджень встановлено, що площа листової поверхні рослин ячменю ярого змінювалася залежно від сорту, варіанту передпосівної обробки насіння та позакоренового підживлення посівів у період вегетації. Загалом упродовж вегетації спостерігалася її збільшення від фази кушіння до виходу рослин у трубку та колосіння, що відображає активне формування асиміляційного апарату рослин ячменю ярого.

Нашими дослідженнями встановлено, що у фазі кушіння площа листової поверхні рослин ячменю ярого сорту Надійний становила 10,6–11,7 тис. м²/га, а у сорту Таманго – 11,4–13,5 тис. м²/га, що перевищило показники сорту Надійний на 0,8 – 1,8 тис. м²/га або на 7,0 – 13,3%. Отже, на початку вегетаційного періоду рослини сорту Таманго характеризувалися більшою площею листової поверхні. Найвище наведене значення для цього сорту становило 13,5 тис. м²/га за передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд. Деяко менші показники площі листової поверхні рослин ячменю ярого за даного варіанту відмічено за вирощування сорту Надійний – 11,7 тис. м²/га.

У фазі виходу рослин у трубку площа листової поверхні рослин ячменю ярого суттєво зростала в обох досліджуваних сортах. У середньому по варіантам досліду площа листової поверхні рослин сорту Надійний зросла на 18,7 тис. м²/га або на 62,5%, а у сорту Таманго – на 18,1 тис. м²/га або на 56,0% порівняно із фазою кушіння.

У сорту Надійний у фазі виходу рослин у трубку площа листової поверхні змінювалася від 25,4 тис. м²/га на контрольному варіанті досліду до 34,0 тис. м²/га за передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд і позакоренового підживлення посівів двічі у період вегетації препаратом HELPROST® Універсальний. У сорту Таманго відповідні значення становили 26,3 та 34,5 тис. м²/га. Слід відмітити, що застосування для передпосівної обробки насіння біопрепарату Фітоцид-р у поєднання з позакореновими підживленнями рослин ячменю ярого у період вегетації препаратом HELPROST® Універсальний також позитивно позначилося на наростанні площі листової поверхні рослин обох досліджуваних сортів порівняно до контрольного варіанту досліду. Так, за вирощування сорту Надійний площа листової поверхні рослин ячменю ярого за даного варіанту досліду збільшилася на 23,3%, а за вирощування сорту Таманго – на 22,4%. Це свідчить про позитивну реакцію рослин обох досліджуваних сортів на поєднання передпосівної обробки насіння біопрепаратами і позакоренового підживлення посівів

Таблиця 1

Вплив передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень на площу листової поверхні рослин ячменю ярого, тис. м²/га (середнє за 2023 – 2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Позакоренове підживлення посівів (фактор С)		
		Обробка водою	HELPROST® Універсальний	ГуміФренд
Кущіння				
Надійний	Контроль (без обробки)	10,6		
	Фітоцид-р	11,3		
	МікоФренд	11,7		
Таманго	Контроль (без обробки)	11,4		
	Фітоцид-р	12,9		
	МікоФренд	13,5		
Вихід рослин у трубку				
Надійний	Контроль (без обробки)	25,4	27,9	27,1
	Фітоцид-р	28,8	33,1	30,8
	МікоФренд	29,5	34,0	32,1
Таманго	Контроль (без обробки)	26,3	29,6	28,1
	Фітоцид-р	29,5	33,9	30,4
	МікоФренд	31,0	34,5	32,6
Колосіння				
Надійний	Контроль (без обробки)	27,3	30,1	29,4
	Фітоцид-р	32,9	37,5	36,2
	МікоФренд	33,4	39,2	37,7
Таманго	Контроль (без обробки)	28,4	32,5	30,9
	Фітоцид-р	33,9	38,9	37,0
	МікоФренд	35,1	40,1	38,6

у період вегетації, особливо препаратом HELPROST® Універсальний.

У середньому за роки досліджень, у фазі колосіння формувалися найбільші значення площі листової поверхні рослин ячменю ярого. У сорту Надійний показник становив 27,3 тис. м²/га на контролі та досягав 39,2 тис. м²/га за обробки насіння препаратом МікоФренд і позакоренового підживлення посівів у період вегетації препаратом HELPROST® Універсальний. У сорту Таманго ці значення становили відповідно 28,4 і 40,1 тис. м²/га.

Нашими дослідженнями визначено, що незалежно від варіанту застосування біопрепаратів, у всі фази росту і розвитку дещо більшу площу листової поверхні формували рослини сорту Таманго – 12,6 тис. м²/га у фазі кущіння, 30,7 тис. м²/га – у фазі виходу рослин у трубку та 35,0 тис. м²/га у фазі колосіння, що перевищило показники сорту Надійний на 0,8 – 1,4 тис. м²/га або на 2,6 – 11,1%.

Слід відмітити, що у всі роки досліджень і в середньому за досліджуваними сортами ячменю ярого, найбільшою площею листової поверхні рослин, незалежно від фази росту і розвитку, характеризувалася за використання для передпосівної обробки насіння біопрепаратом

МікоФренд і позакоренового підживлення посівів у період вегетації препаратом HELPROST® Універсальний. Так, у фазі виходу рослин у трубку площа листової поверхні рослин ячменю ярого була більшою на 8,4 тис. м²/га або на 24,5% порівняно до контролю, а у фазі колосіння – на 11,8 тис. м²/га або на 29,8%.

Застосування біопрепарату ГуміФренд для позакоренового підживлення посівів ячменю ярого також сприяло збільшенню площі листової поверхні рослин у всі фази росту і розвитку порівняно з контролем, особливо за використання передпосівної обробки насіння МікоФрендом, хоча значення були нижчими, ніж за використання HELPROST® Універсальний.

Отже, результати досліджень за 2023–2025 рр. свідчать, що площа листової поверхні ячменю ярого визначалася як сортовими особливостями, так і застосованими біопрепаратів. Найсприятливішим серед наведених варіантів було поєднання передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд із позакореновим підживленням посівів ячменю ярого двічі за вегетації препаратом HELPROST® Універсальний. Така комбінація забезпечувала найбільшу площу листової поверхні рослин обох досліджуваних сортів ячменю ярого у всі фази росту і розвитку.

Одним із важливих інтегральних показників фотосинтетичної діяльності посівів сільськогосподарських культур, в т.ч. і ячменю ярого, який характеризує сумарну роботу асиміляційного апарату упродовж певного періоду вегетації, є фотосинтетичний потенціал. Він залежить не лише від площі листової поверхні, а й від тривалості її функціонування, динаміки формування листків та збереження їх фотосинтетичної активності. Тому оцінювання цього показника дає змогу глибше охарактеризувати вплив елементів технології вирощування на формування продуктивності рослин. Наростання асиміляційної поверхні рослин та формування фотосинтетичного потенціалу посівів ячменю ярого в умовах Степу України залежить від сортових особливостей та особливостей живлення [2, 10]. Важливим напрямом удосконалення технології вирощування ячменю ярого є поєднання передпосівної іннокуляції насіння та позакореневого підживлення посівів у період вегетації сучасними біопрепаратами. Їх застосування позитивно впливає на початковий ріст і розвиток рослин, інтенсивність формування листового апарату та тривалість його функціонування. Водночас результативність їх застосування необхідно оцінювати з урахуванням генетичних особливостей сорту та конкретного міжфазного періоду.

Нашими дослідженнями встановлено, що застосування біологічних препаратів позитивно позначилося на формування фотосинтетичного потенціалу посівів ячменю ярого досліджуваних сортів у всі фази росту і розвитку (табл. 2).

Нашими дослідженнями встановлено, що у середньому за роки досліджень, фотосинтетичний потенціал посівів ячменю ярого змінювався залежно від усіх досліджуваних факторів: сорту, передпосівної обробки насіння

та позакореневого підживлення посівів у період вегетації. Встановлено позитивну реакцію рослин ячменю ярого на застосування біопрепаратів, при цьому найвищі значення отримано за поєднання обробки насіння препаратом МікоФренд із позакореневим підживленням HELPROST® Універсальний.

Нашими дослідженнями визначено, що фотосинтетичний потенціал посівів змінювався залежно від міжфазного періоду. Так, у період куціння – вихід рослин у трубку фотосинтетичний потенціал посівів ячменю ярого сорту Надійний змінювався від 0,32 до 0,48 млн м²/га × діб, а сорту Таманго – від 0,35 до 0,50 млн м²/га × діб. У міжфазний період вихід рослин у трубку – колосіння показники фотосинтетичного потенціалу посівів були дещо меншими – відповідно 0,30–0,46 та 0,33–0,49 млн м²/га × діб. Це може бути пов'язано зі зміною площі функціонально активної листової поверхні рослин ячменю ярого та тривалості її роботи впродовж розвитку рослин.

У середньому за роки досліджень, дещо вищий фотосинтетичний потенціал посівів відмічено за вирощування сорту Таманго, незалежно від варіанту передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення рослин у період вегетації. У міжфазний період куціння – вихід рослин у трубку на контролі, за обробки посівів водою, фотосинтетичний потенціал становив 0,32 млн м²/га × діб у сорту Надійний і 0,35 млн м²/га × діб у сорту Таманго. За передпосівної обробки насіння МікоФрендом і позакореневого підживлення HELPROST® Універсальний показники збільшувалися відповідно до 0,48 і 0,50 млн м²/га × діб. У міжфазний період вихід рослин у трубку – колосіння за цього самого поєднання технологічних заходів значення становили 0,46 млн м²/га × діб у сорту Надійний та 0,49 млн м²/га × діб у сорту Таманго.

Таблиця 2

Фотосинтетичний потенціал посівів ячменю ярого залежно від сортових особливостей, передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень, млн. м²/га × діб (середнє за 2023 – 2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Позакореневе підживлення посівів (фактор С)		
		Обробка водою	HELPROST® Універсальний	ГуміФренд
Кущіння – вихід рослин у трубку				
Надійний	Контроль (без обробки)	0,32	0,38	0,34
	Фітоцид-р	0,36	0,45	0,39
	МікоФренд	0,41	0,48	0,45
Таманго	Контроль (без обробки)	0,35	0,40	0,37
	Фітоцид-р	0,39	0,46	0,42
	МікоФренд	0,43	0,50	0,47
Вихід рослин у трубку – колосіння				
Надійний	Контроль (без обробки)	0,30	0,36	0,33
	Фітоцид-р	0,33	0,42	0,37
	МікоФренд	0,39	0,46	0,42
Таманго	Контроль (без обробки)	0,33	0,38	0,35
	Фітоцид-р	0,38	0,44	0,41
	МікоФренд	0,40	0,49	0,44

Встановлено, що у середньому за роки досліджень, передпосівна обробка насіння ячменю ярого препаратами Фітоцид-р і МікоФренд сприяла підвищенню фотосинтетичного потенціалу порівняно з контролем. При цьому, ефективність біопрепаратів визначалася сортовими особливостями культури та варіантом позакореневого підживлення посівів. Так, у міжфазний період кушіння – вихід рослин у трубку за позакореневого підживлення посівів препаратом HELPROST® Універсальний фотосинтетичний потенціал сорту Надійний збільшувався порівняно до контролю на 15,6% за обробки насіння біопрепаратом Фітоцид-р і на 20,8% – за обробки МікоФрендом. У сорту Таманго застосування передпосівної обробки насіння біопрепаратами забезпечило зростання фотосинтетичного потенціалу посівів на 13,0 – 20,0% залежно від біопрепарату.

Подібна закономірність спостерігалася і у міжфазний період вихід рослин у трубку – колосіння. За використання для позакореневого підживлення посівів препарату HELPROST® Універсальний фотосинтетичний потенціал посівів сорту Надійний становив 0,36 млн м²/га × діб на контролі, 0,42 – за обробки насіння біопрепаратом Фітоцид-р і 0,46 – за обробки МікоФрендом. У сорту Таманго він дорівнював відповідно 0,38; 0,44 і 0,49 млн м²/га × діб.

Отже, у середньому за роки досліджень, серед досліджуваних варіантів передпосівної обробки насіння біопрепаратом МікоФренд забезпечував найвищі значення фотосинтетичного потенціалу досліджуваних сортів ячменю ярого у всі міжфазні періоди. Передпосівна обробка насіння біопрепаратом Фітоцид-р також позитивно впливала на досліджуваний показник фотосинтетичної діяльності посівів, однак його значення були дещо нижчими порівняно з варіантом використання біопрепарату МікоФренд.

Нашими дослідженнями встановлено, що позакореневе підживлення посівів ячменю ярого двічі за період вегетації також помітно впливало на фотосинтетичний потенціал. У середньому за роки досліджень та по варіантам передпосівної обробки насіння, найвищі показники отримано за використання препарату HELPROST® Універсальний, тоді як ГуміФренд забезпечував проміжні значення між підживленням водою та HELPROST® Універсальний. Так, у сорту ячменю ярого Надійний за передпосівної обробки насіння МікоФрендом у міжфазний період кушіння – вихід рослин у трубку фотосинтетичний потенціал становив 0,41 млн м²/га × діб за обробки посівів у період вегетації лише водою, 0,48 – за використання препарату HELPROST® Універсальний та 0,45 – за використання ГуміФренду. У сорту Таманго за тієї самої передпосівної обробки значення становили відповідно 0,43; 0,50 і 0,47 млн м²/га × діб. Така ж залежність спостерігалася і у міжфазний період «вихід рослин у трубку – колосіння». Таким чином, застосування для позакореневого підживлення посівів двічі за вегетацію препарату HELPROST® Універсальний забезпечило найкраще функціонування фотосинтетичного апарату рослин ячменю ярого і сприяло формуванню найвищих значень фотосинтетичного потенціалу посівів.

Нашими дослідженнями встановлено, що у середньому за роки досліджень, найвище значення фотосинтетичного потенціалу посівів (0,50 млн м²/га × діб) визначено у міжфазний період кушіння – вихід рослин у трубку за вирощування сорту Таманго, передпосівної інокуляції насіння біопрепаратом МікоФрендом і проведення двічі позакореневого підживлення посівів препаратом HELPROST® Універсальний. У наступному міжфазному періоді за тієї самої комбінації факторів максимальне значення для сорту Таманго становило 0,49 млн м²/га × діб, а для сорту Надійний – 0,46 млн м²/га × діб.

Важливим фізіологічним показником, що характеризує інтенсивність накопичення сухої речовини рослинами в розрахунку на одиницю площі листової поверхні за одиницю часу є чиста продуктивність фотосинтезу. Вона відображає ефективність використання асиміляційного апарату для формування органічної речовини та залежить від площі й тривалості функціонування листового апарату рослин, забезпеченості їх елементами живлення, водного режиму, температурних умов, біологічних особливостей сорту та технології вирощування культури [4, 5, 11].

Фотосинтетичну діяльність посівів оцінюють за комплексом показників, в т. ч. і чистою продуктивністю фотосинтезу, що дає змогу охарактеризувати як розвиток асиміляційного апарату, так і ефективність його функціонування у різні періоди росту і розвитку сільськогосподарських культур. Зокрема, у дослідженнях фотосинтетичної активності посівів ячменю ярого в умовах Південного Степу України важливого значення набувають визначення впливу сортових особливостей і системи живлення на формування фотосинтетичного апарату та чисту продуктивність посівів.

Нашими дослідженнями визначено, що чиста продуктивність фотосинтезу посівів ячменю ярого змінювалася залежно від міжфазного періоду, сортових особливостей, варіанту передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення посівів ячменю ярого в період вегетації (табл. 3).

У міжфазний період кушіння – вихід рослин у трубку показники чистої продуктивності фотосинтезу були нижчими й становили 3,46 – 7,54 г/м² за добу в сорту Надійний та 3,59 – 7,66 г/м² за добу в сорту Таманго. У міжфазний період вихід рослин у трубку – колосіння чиста продуктивність посівів зросла до 11,06 – 14,69 і 11,30 – 15,30 г/м² за добу відповідно. Отже, можна стверджувати, що чиста продуктивність фотосинтезу була вищою у період інтенсивного росту стебла та формування колоса ячменю ярого, що свідчить про зміну інтенсивності накопичення сухої речовини упродовж вегетації культури.

У середньому за роки досліджень, сумісне використання передпосівної обробки насіння біопрепаратом МікоФрендом та позакореневого підживлення посівів ячменю ярого препаратом HELPROST® Універсальний забезпечувало найвищі значення чистої продуктивності фотосинтезу в обох досліджуваних сортів. У міжфазний період кушіння – вихід рослин у трубку максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу визначено у сорту Надійний 7,54 г/м² за добу, а у сорту Таманго – 7,66 г/м² за добу. Порівняно з контрольним варіантом без

Таблиця 3

Чиста продуктивність посівів ячменю ярого залежно від сортових особливостей, передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень, г/м² за добу (середнє за 2023 – 2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Позакореневе підживлення посівів (фактор С)		
		Обробка водою	HELPROST® Універсальний	ГуміФренд
Кущіння – вихід рослин у трубку				
Надійний	Контроль (без обробки)	3,46	5,81	4,75
	Фітоцид-р	3,51	7,20	6,54
	МікоФренд	3,55	7,54	7,21
Таманго	Контроль (без обробки)	3,59	5,94	4,81
	Фітоцид-р	3,64	7,35	7,12
	МікоФренд	3,67	7,66	7,50
Вихід рослин у трубку – колосіння				
Надійний	Контроль (без обробки)	11,06	13,81	13,41
	Фітоцид-р	12,21	14,50	14,36
	МікоФренд	12,95	14,69	14,58
Таманго	Контроль (без обробки)	11,30	14,45	14,10
	Фітоцид-р	12,28	15,23	14,52
	МікоФренд	13,00	15,30	14,65

обробки насіння та з обробкою посівів водою це більше відповідно на 4,08 г/м² за добу або на 54,1 %, та 4,07 г/м² за добу або на 53,1%.

У міжфазний період вихід рослин у трубку – колосіння за тієї самої комбінації препаратів показники досягали 14,69 г/м² за добу в сорту Надійний і 15,30 г/м² за добу в сорту Таманго. Порівняно з контрольним варіантом досліджу перевищення склало відповідно 3,63 г/м² за добу або 24,7 % і 4,00 г/м² за добу або 26,1%.

Незалежно від міжфазного періоду, дещо вищі показники чистої продуктивності фотосинтезу формували посіви сорту Таманго. Так, у середньому за роки досліджень і по варіантах передпосівної обробки насіння і позакоренового підживлення, чиста продуктивність посівів зазначеного сорту склала у міжфазний період кушіння – вихід рослин у трубку 5,70 г/м² за добу, а у міжфазний період вихід рослин у трубку – колосіння – 13,87 г/м² за добу, що перевищило показники по сорту Надійний на 0,19 – 0,36 г/м² за добу або на 2,6 – 3,3%.

Висновки. В умовах Південного Степу України фотосинтетична діяльність посівів ячменю ярого істотно залежить від сортових особливостей, передпосівної обробки насіння та позакоренового підживлення рослин. Упродовж вегетації площа листової поверхні закономірно збільшувалася від фази кушіння до колосіння, а найвищих значень досягала за поєднання передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд із дворазовим позакореновим підживленням препаратом HELPROST® Універсальний. За цього варіанта площа листової поверхні у фазі колосіння становила 39,2 тис. м²/га у сорту Надійний та 40,1 тис. м²/га у сорту Таманго, перевищуючи контроль відповідно на 11,8 тис. м²/га, або 29,8%.

Найвищі показники фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності посівів, у середньому за 2023 – 2025 рр., забезпечило сумісне використання препарату МікоФренд для передпосівної інокуляції насіння та HELPROST® Універсальний для позакоренового підживлення у період вегетації рослин за вирощування сорту Таманго.

Сумісне застосування препаратів МікоФренд і HELPROST® Універсальний забезпечувало найефективніше функціонування фотосинтетичного апарату рослин ячменю ярого у всі фази росту і розвитку рослин, що свідчить про доцільність його використання за вирощування культури в умовах Південного Степу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Господаренко Г. М., Любич В. В., Невлад В. І., Гавриленко В. С. Фотосинтезуюча система рослин ячменю ярого голозерного залежно від систем удобрення. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2024. Вип. 105(1). С. 294-312. <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-105-1-294-312>
2. Masliiov S., Korzhova N. Photosynthetic potential of spring barley plants in the steppe zone. *Scientific Horizons*. 2021. 24(2). Р. 62–68. [https://doi.org/10.48077/sciHor.24\(2\).2021.62-68](https://doi.org/10.48077/sciHor.24(2).2021.62-68)
3. Horobets M., Chaika T., Korotkova I., Pysarenko P., Mishchenko O., Shevnikov M., Lotysh I. Influence of growth stimulants on photosynthetic activity of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) crops. *International Journal of Botany Studies*. 2021. Vol. 6(2). Р. 340 – 345.
4. Гамаюнова В. В., Кувшинова А. О. Фотосинтетична діяльність ячменю озимого залежно від особливостей сорту та біопрепаратів. *Аграрні інновації*. 2023.

- № 18. С. 156–162. <https://doi.org/10.32848/agrarinno.2023.18.21>.
5. Березовський А. А. Чиста продуктивність фотосинтезу ячменю ярого голозерного за дії біологічних препаратів. *Вісник Уманського національного університету*. 2025. № 2. С. 5–9. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2025-2-5-9>.
 6. Безноско І. В., Горган Т. М., Мосійчук І. І., Біленька О. М. Вплив препаратів на фотосинтетичну діяльність рослин ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) пивоварного напрямку та якісні показники зерна. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 1. С. 133–142. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299948>
 7. Ferioun M., Zouitane I., Bouhraoua S., Elouattassi Y., Belahcen D., Errabbani A., Louahlia S., Sayyed R., El Ghachtouli N. Applying microbial biostimulants and drought-tolerant genotypes to enhance barley growth and yield under drought stress. *Frontiers in Plant Science*. 2025. Vol. 15. 1494987. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1494987>.
 8. Kindtler N. L., Sheikh S., Richardy J., Krogh E., Maccario L., Vestergård M., da Fonseca R. R., Ekelund F., Laursen K. H. Fertilizer regime and cultivar affect barley growth and rhizobiome composition. *Applied Soil Ecology*. 2024. Vol. 198. 105384. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105384>.
 9. Nowak R., Szczepanek M., Kobus-Cisowska J., Stuper-Szablewska K., Graczyk R., Błaszczyk K. Relationships Between Photosynthetic Efficiency and Grain Antioxidant Content of Barley Genotypes Under Increasing Nitrogen Rates. *Agriculture*. 2024. Vol. 14(11). 1913. <https://doi.org/10.3390/agriculture14111913>.
 10. Короткова І. В., Горобець М. В., Чайка Т. О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2021, № 2, С. 20–30. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.02>
 11. Romaniuk V. Photosynthetic productivity of summer barley in conditions of Forest-steppe Right-bank. *Journal of Agricultural Science*. 2019. T. 97, № 3. С. 76 – 81. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201903-12>
- REFERENCES:**
1. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., Nevlad, V. I., & Havrylenko, V. S. (2024). Fotosinteziucha systema roslyn yachmeniu yaroho holozernoho zalezno vid system udobrennia [Photosynthetic system of spring barley plants depending on the fertilization system]. *Zbirnyk naukovykh prats Uman'skoho NUS*, Vyp. 105(1). P. 294–312. <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-105-1-294-312> [in Ukrainian].
 2. Masliiov, S., & Korzhova, N. (2021). Photosynthetic potential of spring barley plants in the steppe zone. *Scientific Horizons*, 24(2), 62–68. [https://doi.org/10.48077/sci-hor.24\(2\).2021.62-68](https://doi.org/10.48077/sci-hor.24(2).2021.62-68).
 3. Horobets, M., Chaika, T., Korotkova, I., Pysarenko, P., Mishchenko, O., Shevnikov, M., & Lotysh, I. (2021). Influence of growth stimulants on photosynthetic activity of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) crops. *International Journal of Botany Studies*, Vol. 6(2), P. 340 – 345.
 4. Hamaiunova, V. V., & Kuvshynova, A. O. (2023). Fotosyntetichna diialnist yachmeniu ozymoho zalezno vid osoblyvostei sortu ta biopreparativ. [Photosynthetic activity of winter barley depending on the characteristics of the variety and biological products]. *Ahrarni innovatsii*, № 18, P. 156–162. <https://doi.org/10.32848/agrarinno.2023.18.21> [in Ukrainian].
 5. Berezovskyi, A. A. (2025). Chysta produktyvnist fotosintezu yachmeniu yaroho holozernoho za dii biolohichnykh preparativ [Net photosynthetic productivity of spring barley under the action of biological preparations]. *Visnyk Uman'skoho natsionalnoho universytetu*, № 2, P. 5–9. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2025-2-5-9> [in Ukrainian].
 6. Beznosko, I. V., Horhan, T. M., Mosiichuk, I. I., & Bilenka, O. M. (2024). Vplyv preparativ na fotosyntetichnu diialnist roslyn yachmeniu yaroho (*Hordeum vulgare* L.) pyvovarnoho napriamu ta yakisni pokaznyky zerna [Influence of preparations on photosynthetic activity of brewing barley (*Hordeum vulgare* L.) plants and quality indicators of grain]. *Ahroekolohichnyi zhurnal*, № 1, P. 133–142. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299948> [in Ukrainian].
 7. Ferioun, M., Zouitane, I., Bouhraoua, S., Elouattassi, Y., Belahcen, D., Errabbani, A., Louahlia, S., Sayyed, R., & El Ghachtouli, N. (2025). Applying microbial biostimulants and drought-tolerant genotypes to enhance barley growth and yield under drought stress. *Frontiers in Plant Science*, Vol. 15, 1494987. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1494987>.
 8. Kindtler, N. L., Sheikh, S., Richardy, J., Krogh, E., Maccario, L., Vestergård, M., da Fonseca, R. R., Ekelund, F., & Laursen, K. H. (2024). Fertilizer regime and cultivar affect barley growth and rhizobiome composition. *Applied Soil Ecology*, Vol. 198, 105384. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105384>.
 9. Nowak, R., Szczepanek, M., Kobus-Cisowska, J., Stuper-Szablewska, K., Graczyk, R., & Błaszczyk, K. (2024). Relationships Between Photosynthetic Efficiency and Grain Antioxidant Content of Barley Genotypes Under Increasing Nitrogen Rates. *Agriculture*, Vol. 14(11), 1913. <https://doi.org/10.3390/agriculture14111913>.
 10. Korotkova, I. V., Horobets, M. V., & Chaika, T. O. (2021). Vplyv stymuliatoriv rostu na produktyvnist sortiv yachmeniu yaroho [Influence of growth stimulants on productivity of spring barley varieties]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, № 2, P. 20–30. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.02> [in Ukrainian].
 11. Romaniuk, V. (2019). Photosynthetic productivity of summer barley in conditions of Forest-steppe Right-bank. *Journal of Agricultural Science*, T. 97, № 3, P. 76 – 81. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201903-12>
- Добровольський А.В., Гончаренко Є.В.**
Фотосинтетична діяльність посівів ячменю ярого залежно від оптимізації живлення та сортових особливостей в умовах Південного Степу України
Мета. Визначити вплив сортових особливостей, передпосівної інокуляції насіння та позакоренових підживлень рослин у період вегетації на фотосинтетичну діяльність посівів ячменю ярого в умовах Південного Степу України.
Методи. Польові дослідження проводили у 2023 – 2025 рр. в умовах Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету.
Результати досліджень. Встановлено закономірності формування площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу в різні міжфазні періоди росту і розвитку рослин ячменю ярого.

Визначено, що сорт Таманго характеризувався вищими показниками фотосинтетичної діяльності посівів порівняно із сортом Надійний. Незалежно від варіанту застосування біопрепаратів, у всі фази росту і розвитку дещо більшу площу листової поверхні формували рослини сорту Таманго – 12,6 тис. м²/га у фазі кушіння, 30,7 тис. м²/га – у фазі виходу рослин у трубку та 35,0 тис. м²/га у фазі колосіння, що перевищило показники сорту Надійний на 0,8 – 1,4 тис. м²/га або на 2,6 – 11,1%. Найефективнішим у формуванні фотосинтетичної діяльності посівів ячменю ярого визначено поєднання передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд із дворазовим позакореневим підживленням препаратом HELPROST® Універсальний. За цього варіанту площа листової поверхні у фазі колосіння становила 39,2–40,1 тис. м²/га, фотосинтетичний потенціал у міжфазний період кушіння – вихід у трубку досягав 0,48–0,50 млн м²/га × діб, а чиста продуктивність фотосинтезу в період вихід у трубку – колосіння становила 14,69–15,30 г/м² за добу. Отримані результати підтверджують ефективність поєднання передпосівної обробки насіння біопрепаратом МікоФренд та позакореневого підживлення HELPROST® Універсальний для поліпшення фотосинтетичної діяльності посівів ячменю ярого сорту Таманго. **Висновки.** Найефективнішим елементом технології вирощування ячменю ярого в умовах Південного Степу України є комплексне застосування препарату МікоФренд для передпосівної інокуляції насіння та HELPROST® Універсальний для позакореневого підживлення посівів у період вегетації. Такий агротехнологічний прийом забезпечує максимальну реалізацію фотосинтетичної діяльності посівів у період вегетації рослин ячменю ярого.

Ключові слова: ячмінь ярий, сорт, біопрепарати, площа листової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу.

Dobrovolskyi A.V., Honcharenko Ye.V. Photosynthetic Activity of Spring Barley Crops Depending on Nutrient Optimization and Varietal Characteristics under the Conditions of the Southern Steppe of Ukraine

Objective. To determine the effect of varietal characteristics, pre-sowing seed inoculation, and foliar fertilization

during the growing season on the photosynthetic activity of spring barley crops under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. **Methods.** Field studies were conducted in 2023–2025 at the Educational, Scientific and Practical Center of Mykolaiv National Agrarian University. **Results.** The patterns of leaf area formation, photosynthetic potential, and net photosynthetic productivity during different interphase periods of spring barley plant growth and development were established. It was determined that the Tamango cultivar was characterized by higher indicators of crop photosynthetic activity compared with the Nadiinyi cultivar. Regardless of the biopreparation treatment, plants of the Tamango cultivar formed a slightly larger leaf area at all growth and development stages, reaching 12.6 thousand m²/ha at tillering, 30.7 thousand m²/ha at stem elongation, and 35.0 thousand m²/ha at heading. These values exceeded those of the Nadiinyi cultivar by 0.8–1.4 thousand m²/ha, or by 2.6–11.1%. The most effective treatment for improving the photosynthetic activity of spring barley crops was the combination of pre-sowing seed treatment with the biopreparation MycoFriend and two foliar applications of HELPROST® Universal. Under this treatment, the leaf area at heading reached 39.2–40.1 thousand m²/ha, the photosynthetic potential during the tillering–stem elongation period reached 0.48–0.50 million m²/ha × days, while net photosynthetic productivity during the stem elongation–heading period was 14.69–15.30 g/m² per day. The results obtained confirm the effectiveness of combining pre-sowing seed treatment with the biopreparation MycoFriend and foliar application of HELPROST® Universal for improving the photosynthetic activity of spring barley crops, particularly in the Tamango cultivar. **Conclusions.** The most effective element of the spring barley cultivation technology under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine is the integrated application of MycoFriend for pre-sowing seed inoculation and HELPROST® Universal for foliar fertilization of crops during the growing season. This agronomic practice ensures the maximum realization of the photosynthetic activity of spring barley crops throughout the growing season.

Key words: spring barley, cultivar, biopreparations, leaf area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity.

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026