

ВПЛИВ ПРЕПАРАТІВ НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ ДІЯЛЬНІСТЬ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ЯРОГО (*HORDEUM VULGARE* L.) ПИВОВАРНОГО НАПРЯМУ ТА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА

І.В. Безноско¹, Т.М. Горган¹, І.І. Мосійчук¹, О.М. Біленька²

¹ Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: beznoskoirina@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2217-5165

e-mail: tanja.micaela@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8980-7895

e-mail: mii97.dolina@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3830-2912

² Інститут овочівництва і баштанництва НААН

(с. Селекційне, Харківський р-н, Харківська обл., Україна)

e-mail: bilenkaom@gmail.com; ORCID: 0000-0002-4710-6772

Регулятори росту рослин і мікродобрива стимулюють накопичення рослинами хлорофілу, підвищують фотосинтетичну активність хлоропластів, чисту продуктивність фотосинтезу та сприяють посиленню стійкості культур до хвороб. Метою роботи було вивчення впливу препаратів на фотосинтетичну діяльність рослин ячменю ярого сортів Себастьян і Саломі для досягнення належної якості вирощеної продукції. У статті представлені результати, які свідчать, що вміст суми хлорофілів *a* і *b* у листках ячменю ярого за дії препаратів Вимпел 2 та ОРАКУЛ мультикомплекс відіграє велику роль у підвищенні продуктивності культури. У всіх варіантах дослідження накопичення білка в зерні було в допустимих межах для ячменю пивоварного (8,75–10,02%), лише у контрольному варіанті лишився занадто низьким. Застосування суміші препаратів сприяло накопиченню крохмалю у зерні ячменю ярого обох досліджуваних сортів. Водночас обробка лише стимулятором росту, або лише мікродобривом стимулює накопичення крохмалю у зерні порівняно з контролем, але залишається на низькому рівні для пивоварної галузі. Найактивніше збільшення асиміляційної поверхні рослин ячменю ярого у всіх фазах росту спостерігали за обробки сумішшю Вимпел 2 у поєднанні з ОРАКУЛОМ мультикомплекс. Проведеними дослідженнями встановлено значний вплив стимулятора росту та мікродобрива на величину фотосинтетичного потенціалу посівів ячменю ярого. За весь період вегетації ячменю ярого, найбільший фотосинтетичний потенціал посівів (ФПП) — 859,2 м²/га × діб визначено у сорту Себастьян із додаванням мікродобрива та стимулятора росту. Найбільший показник чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) спостерігали на сорті Себастьян у варіанті з обробкою сумішшю мікродобрива та стимулятора росту, що на 27% вище, ніж у контрольному варіанті. Отже, зерно ячменю ярого пивоварного значення необхідної якості можна отримати лише за умов оптимальної комбінації застосовуваних препаратів різного спектра дії.

Ключові слова: стимулятор росту, мікродобриво, площа листової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу, хлорофіл, білок, крохмаль.

ВСТУП

Україна посідає сьоме місце серед провідних світових виробників ячменю за період 2022–2023 рр. Однак, на жаль, у нашій державі генетичний потенціал продуктивності сортів ячменю реалізується лише на 25–30% [1; 2]. На рівень урожайності цієї культури впливають екологічні чинники,

зокрема, абіотичні (контрастні гідротермічні умови) та біотичні (контамінація фітопатогенами) [3; 4]. В агрокліматичних умовах України для ячменю ярого найбільш поширеними і шкідливими є тверда і летюча сажки, жовта, карликова іржа та лійна, або стеблова іржа злаків, кореневі гнилі, плямистості (темно-бура, смугаста, сітчаста плямистість або сітчастий гельмінтоспоріоз, ринхоспоріоз, або облямівкова

плямистість), септоріоз, аскохітоз, гельмінтоспоріоз, альтернاریоз, фузаріоз колоса, борошниста роса. Втрати врожаю в період епіфітотій від основних хвороб можуть досягати 30–60% і більше [5; 6].

Зерно ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) є невід'ємною сировиною для пивоваріння. Якість зерна залежить від особливостей генотипу сортів, сукупної дії ґрунтово-кліматичних умов, попередників, фази розвитку і тривалості перестоювання посівів [7; 8].

Найціннішими в пивоварінні є сорти дворядного ячменю з добре виповненим і вирівняним зерном (маса 1000 зерен 40–45 г), яке має понижено плівчастість (8–10%), підвищений вміст крохмалю за станом не нижче 65% і понижений вміст білка (не більше 8–10%) [9–11]. В останні 10–15 років посилилася увага до продуктів із зерна ячменю у зв'язку з новітніми клінічними, дієтологічними і біохімічними дослідженнями, що були виконані в лабораторіях провідних країн світу [6; 12–15].

У сучасних технологіях вирощування ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) з метою підвищення врожайності, якості та стресостійкості впроваджують різні методи обробки як насіння, так і рослин, особливо з використанням екологічно безпечних препаратів. Серед найбільш перспективних напрямів новітньої технології в сільському господарстві є застосування численних стимуляторів росту рослин, дія яких призводить до збільшення біомаси і врожайності культур, а також вони виконують захисну функцію за несприятливих погодних умов і посилюють стійкість до хвороб [16].

Тому метою дослідження було вивчення впливу біопрепаратів на фотосинтетичну діяльність рослин сортів ячменю ярого для досягнення належної якості вирощеної продукції.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Ячмінь ярий, особливо пивоварного значення, характеризується підвищеними вимогами до рівня живлення. Це по-

яснюється дуже коротким вегетаційним періодом та швидким засвоєнням поживних речовин. Така особливість пов'язана з інтенсивнішим нагромадженням у ньому органічної речовини за відносно короткий період та слаборозвинутою кореневою системою [16; 17].

На процеси накопичення білка в зерні значною мірою впливають рівні запасів азоту та сірки у тканинах рослини. Азотний метаболізм, своєю чергою, пов'язаний з асиміляційною здатністю фотосинтетичного апарату. Фотосинтетичний апарат також сам по собі є дуже містким резервуаром різних органічних форм азоту, починаючи з хлорофілу й закінчуючи головним ферментом асиміляції [17]. Одним з найбільш динамічних показників фотосинтетичної діяльності рослин є площа листової поверхні. Потужність асиміляційного апарату і тривалість його роботи є вирішальними чинниками продуктивності фотосинтезу, які визначають розміри врожаю та якість зернової продукції [18]. У більшості випадків регулятори росту рослин і мікродобрива стимулюють накопичення рослинами хлорофілу, підвищують фотосинтетичну активність хлоропластів та чисту продуктивність фотосинтезу [18; 19]. Актуальність цього завдання обґрунтовується в роботах Гирки А.Д., Винюкова О.О., Гирки Т.В., Бокун О.І., Кулик А.О., Циганкова В.А., Левішко, А.С., Гуменюк І.І., Ткач Є.Д., Тернового Ю.В., Кравчука Ю.А. [19; 20].

Підживлення азотним добривом пивоварного ячменю має свої особливості. За посилення норм внесення добрива підвищується врожайність культури та збільшується вміст білка в зерні, що погіршує його пивоварну якість і доволі часто автоматично переводить його в категорію фуражного. Крім того, надмірне внесення азотного добрива може спричинити вилягання культури та зростання захворюваності посівів, що висвітлено у працях Оничко В.І., Кузіна В. [6; 7].

За дослідженнями вчених Короткової І.В., Горобця М.В., Чайки Т.О., Шегеди І.М., Починка В. М., Кірізія Д.А. відомо, що більшість мікроелементів є каталізато-

рами, які прискорюють біохімічні реакції, що підвищує стійкість культур до хвороб і несприятливих чинників зовнішнього середовища (низькі й високі температури повітря, посуха) та збільшенню вмісту хлорофілу, покращується фотосинтез, посилюється асиміляційна діяльність всієї рослини [16].

Тому, високотехнологічні господарства поряд із мінеральними добривами застосовують макро- та мікроелементи як каталізатори зростання врожайності і якості продукції. Для пивоварного ячменю важливим елементом, що відіграє важливу роль в азотному живленні і є незамінним для формування врожайності та якості зерна, є сірка. Застосування останнього за вирощування пивоварного ячменю дещо стабілізує вплив інтенсивного використання азотних добрив, викликає збільшення вмісту крохмалю у зернівках, що, своєю чергою, веде до зменшення вмісту загального азоту в зернах пивоварного ячменю [9; 21]. Застосування стимуляторів росту також дає можливість знизити використання мінеральних добрив і пестицидів, що впливає на екологічну безпечність продукції [22–24]. На сьогодні відома велика кількість різноманітних стимуляторів росту, але їхня роль у формуванні врожайності та якості ячменю ярого все ще потребує детального вивчення.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження здійснювали впродовж 2021–2023 рр. на базі тимчасового польового дослідження, що розташований у Сквирській дослідній станції органічного виробництва ІАП НААН (Київська обл.) та у відділі агробіоресурсів та екологічно безпечних технологій у лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва ІАП НААН. Схему дослідження закладено рендомізованим способом, яка включала обробку по листку у фазі кущення стимулятором росту рослин Вимпел 2, водний розчин (багатоатомні спирти – $300 \pm 0,3$ г/л; гумінові кислоти – $30 \pm 0,3$ г/л; карбонові кислоти природного походжен-

ня – $3,0 \pm 0,3$ г/л) у нормі 0,5 л/га; комплексним мікродобривом ОРАКУЛ мультикомплекс, розчин (N – 0–36%; P_2O_5 – 0–24; K_2O – 0–24, S – 0–15; CaO – 0–20, Na_2O – 0–4; B – 0–20; Co – 0–2; Cu – 0–15; Mn – 0–15; Mo – 0–15; Zn – 0–15; Fe – 0–15, MgO – 0–15% та Cr, Ni, Ti, Al, Ag, Sr, Se, J – 0–1%) у нормі 1 л/га; сумішшю Вимпел 2 + ОРАКУЛ мультикомплекс та контрольна ділянка – обробка водою.

У дослідженнях використовували рослини ячменю ярого пивоварного напрямку сортів Себастьян («Сейет Плантефоредлінг I/C», Данія) та Саломі («SAATEN Union», Франція).

Визначення сумарного вмісту хлорофілів проводили у свіжому матеріалі фотоелектроколориметричним методом [25]. Дані приладу вносили у формулу та калібрувальний графік. Результати вимірів занотовували та обчислювали концентрацію хлорофілу за формулою:

$$C = (C_1 \cdot E_1) / E, \quad (1)$$

де C – сумарний вміст хлорофілів, мг/мл; C_1 – концентрація стандартного розчину (85 мг на 1 л); E – щільність досліджуваного розчину (обчислюється по барабану приладу); E_1 – щільність стандартного розчину (обраховується по барабану приладу перед початком виміру).

Площу листової поверхні встановлювали лінійним методом із наступним розрахунком за формулою:

$$S = k \cdot l \cdot n, \quad (2)$$

де S – площа листка, cm^2 ; k – середній поправочний коефіцієнт (для ячменю = 0,68); l – довжина листка, см; n – ширина листка у найширшому місці, см.

Фотосинтетичний потенціал (ФП) визначається як добуток середнього працюючого асиміляційного апарату на час його функціонування (тис. $m^2/га \times д\bar{б}$).

Міжфазний фотосинтетичний потенціал визначали за формулою:

$$ФП = [(L_1 + L_2) / 2] \times T, \quad (3)$$

де $ФП$ – фотосинтетичний потенціал, $m^2/га \times д\bar{б}$; L_1 і L_2 – площа листової поверхні в певні фази розвитку, тис. $m^2/га$; T – довжина міжфазного періоду, доба.

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) визначається за формулою Кідда, Веста та Бріггса:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{0,5 \cdot (S_1 + S_2)} \times n, \quad (4)$$

де ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу, г/м² × добу; B₁ і B₂ – величина сухої біомаси на початку і в кінці облікового періоду відповідно, г/м²; S₁ і S₂ – фотосинтезуюча поверхня рослини на початку і наприкінці облікового періоду відповідно, м²; n – число днів між визначеннями.

За повної стиглості розраховували вміст білка і крохмалю у зерні. Вміст білка та крохмалю встановлювали за допомогою приладу Inframatic 8600 фірми Pertten Instruments (Швеція). Аналіз проб зерна ячменю ярого було виконано у відділі агро-екології і аналітичних досліджень ННЦ «ІЗ НААН».

Для статистичної обробки експериментальних даних використовували однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA, тест Тьюкі). Різниця між контрольними і експериментальними показниками вважалася значною, коли ймовірність різниці становила P<0,05.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами проведених досліджень встановлено, що ступінь позитивного впливу регуляторів росту рослин та мікродобрива на вміст зелених пігментів у листках ячменю ярого залежить від внесення біологічних препаратів (рис. 1).

За результатами досліджень представленими на рис. 1 з'ясовано, що вміст суми хлорофілів a і b у листках ячменю ярого за дії біологічних препаратів змінювався залежно від їх застосування. Так, найвищий вміст хлорофілів a і b було зафіксовано в листках ячменю ярого у варіанті із застосуванням суміші Вимпел 2 та ОРАКУЛ мультікомплекс, що становило 3,07–3,8 мг/мл, а найнижчий у варіантах з обробкою ОРАКУЛ мультікомплекс – 2,92–2,98 мг/мл. Водночас у контрольному варіанті, цей показник сягав 2,15–2,24 мг/мл. Отже, використання біологічних препаратів Вимпел 2 та ОРАКУЛ мультікомплекс позитивно впливає на збільшення хлорофілу у листках рослин ячменю ярого, що відіграє велику роль у підвищенні продуктивності культури. Також відмічено, що показники різнилися залежно від сортових

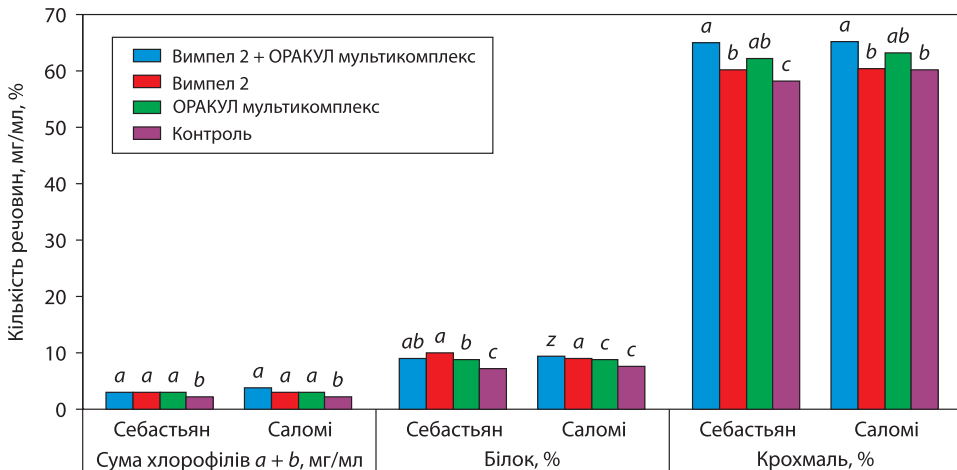


Рис. 1. Вплив мікродобрив і стимулятора росту на вміст фотосинтетичних пігментів у листках ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) та якісні показники зерна

Примітка: $\bar{x} \pm SD$, Тьюкі тест, n=5 повторів; a, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів (P<0,05).

особливостей ячменю ярого. Так, сорт Саломі здатен більше накопичувати зелені пігменти за дії стимулятора росту та мікродобрив порівняно із сортом Себастьян.

Накопичення білка та крохмалю в зерні ячменю ярого один із найважливіших показників для вирощування сортів пивоварного значення. У всіх варіантах дослідження накопичення білка в зерні виявилось в допустимих межах для ячменю пивоварного значення – 8,75–10,02%, лише у контрольному варіанті лишився занадто низьким – 7,15–7,67%. Слід відмітити, що застосування препаратів Вимпел 2 та ОРАКУЛ мультикомплекс у суміші сприяло накопиченню крохмалю у зерні ячменю ярого обох досліджуваних сортів і коливалося в межах 64,95–65,14% (див. *рис. 1*). В той час як обробка лише стимулятором росту, або лише мікродобривом стимулює накопичення крохмалю у зерні порівняно з контролем, але залишається на низькому рівні для пивоварної галузі. Тому доцільніше використовувати ці препарати у комплексі для досягнення кращого результату.

Упродовж вегетаційного періоду проводили виміри листкової поверхні ячменю ярого за дії препаратів. За результатами до-

слідження, встановлено, що застосування позакореневої обробки мікродобривами та стимуляторами росту посівів ячменю ярого позитивно впливало на площу листкової поверхні рослин від фази весняного कुщення до колосіння (*рис. 2*).

Найактивніше збільшення асиміляційної поверхні рослин ячменю ярого у всіх фазах росту спостерігали за обробки сумішшю Вимпел 2 у поєднанні з ОРАКУЛОМ мультикомплексом. Показники площі листкової поверхні рослини ячменю ярого сорту Саломі протягом вегетації коливалися в межах – 11,24–38,54 тис. м²/га та відповідно – 12,35–38,54 у сорту Себастьян. За обробки стимулятором росту Вимпел 2 площа листкової поверхні впродовж вегетаційного періоду варіювала в межах 12,36–37,22 тис. м²/га у сорту Себастьян та 11,56–37,05 тис. м²/га. Слід зазначити, що кращі результати отримані у фазі кущення та виходу у трубку. Застосування мікродобрива ОРАКУЛ мультикомплекс також позитивно вплинуло на збільшення площі листкової поверхні 12,23–37,18 тис. м²/га у сорту Себастьян – 11,19–37,18 тис. м²/га. Найменшу площу листкової поверхні спостерігали у контрольному варіанті, яка

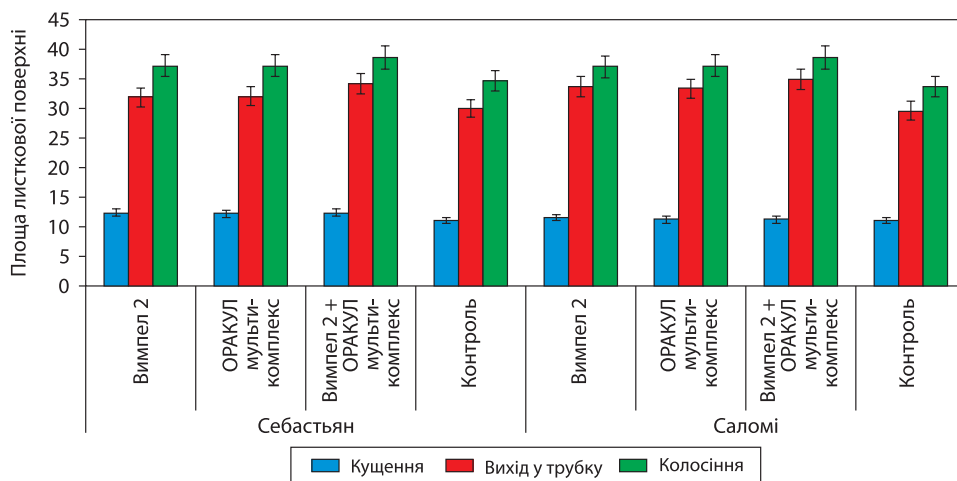


Рис. 2. Площа листкової поверхні рослин ячменю ярого залежно від сортових особливостей, мікродобрив та стимулятора росту

Примітка: $x \pm SD$, Тьюкі тест, $n = 5$ повторів; a, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ($P < 0,05$).

була в межах 11,12–34,76 тис. м²/га для сорту Себастьян та 11,09–33,76 тис. м²/га для сорту Саломі, впродовж вегетації рослин.

Важливим чинником впливу на формування врожаю зернових культур є фотосинтетична діяльність, яка визначається розмірами асиміляційного апарату й тривалістю його роботи. Проведеними дослідженнями встановлено значний вплив мікродобрив та стимуляторів росту на величину фотосинтетичного потенціалу посівів ячменю ярого.

Загалом, за вегетацію ФПП підвищувався на обох сортах за поєднання мікродобрива та стимулятора росту. За весь період вегетації ячменю ярого найбільший фотосинтетичний потенціал посівів (ФПП) – 859,2 м²/га × діб був у сорту Себастьян у варіанті з додаванням мікродобрива та стимулятора росту (табл. 1).

Найнижчий ФПП сорту Себастьян спостерігали за використання ОРАКУЛ мультікомплекс – 820,3 м²/га × діб. Збільшення ФПП рослин ячменю ярого сорту Себастьян порівняно з контролем становило близько у 1,09–1,5 раза.

ФПП у сорту Саломі у варіанті з поєднанням мікродобрива та стимулято-

ра росту збільшився на 10% порівняно з контролем. Найнижчий ефект впливу препаратів на ФПП також спостерігали у варіанті з ОРАКУЛ мультікомплексом – 820,5 м²/га × діб.

Встановлено, що обробка препаратами: Вимпелом 2, ОРАКУЛ мультікомплекс та сумішшю цих препаратів по листку посилювало формування асиміляційного апарату. Вважаємо за доцільне, дослідження у цьому напрямі продовжувати та поглиблювати у зв'язку з появою нових сортів, препаратів й зміною кліматичних і ґрунтових умов.

Якісна робота листового апарату рослин визначається чистою продуктивністю фотосинтезу (ЧПФ). Його визначення у посівах ячменю ярого, вирощеного за обробки стимуляторами росту та мікродобривами, дає можливість стверджувати, що між цим показником і фотосинтетичним потенціалом посіву існує пряма залежність.

Найбільший показник ЧПФ спостерігали на сорті Себастьян у варіанті з обробкою сумішшю мікродобрива та стимулятора росту – 13,0 г/м² за добу, що на 27% вище, ніж у контрольному варіанті (табл. 2).

Таблиця 1. Фотосинтетичний потенціал ячменю ярого залежно від сортових особливостей, мікродобрив та стимулятора росту

Сорт	Варіанти	Фотосинтетичний потенціал, м ² /га × діб			
		кущениця	вихід у трубку	колосіння	сума за вегетацію
Себастьян	Вимпел 2	123,8 (ab)	323,7 (b)	373,6 (ab)	821,1 (b)
	ОРАКУЛ мультікомплекс	123,1 (ab)	325,3 (b)	371,9 (ab)	820,3 (b)
	Вимпел 2 + ОРАКУЛ мультікомплекс	126,8 (a)	345,2 (a)	397,2 (a)	859,2 (a)
	Контроль	111,6 (b)	304,8 (c)	348,3 (b)	754,7 (c)
Саломі	Вимпел 2	117,8 (b)	338,1 (ab)	372,3 (ab)	829,2 (ab)
	ОРАКУЛ мультікомплекс	112,0 (c)	336,6 (ab)	371,9 (ab)	820,5 (b)
	Вимпел 2 + ОРАКУЛ мультікомплекс	112,7 (c)	350,9 (a)	396,2 (a)	849,8 (a)
	Контроль	110,5 (c)	297,2 (c)	337,9 (c)	745,6 (c)

Примітка: $x \pm SD$, Тьюкі тест, $n = 5$ повторів; a, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ($P < 0,05$).

Таблиця 2. Показники ЧПФ ячменю ярого залежно від сортових особливостей, мікродобрив та стимулятора росту

Сорт	Варіанти	ЧПФ, г/м ² за добу			
		кущення	вихід у трубку	колосіння	середнє за вегетацію
Себастьян	Вимпел 2	10,2 (a)	12,0 (ab)	13,1 (ab)	11,8 (ab)
	ОРАКУЛ мулььтикомплекс	9,9 (ab)	11,6 (ab)	12,0 (b)	11,2 (b)
	Вимпел 2 + ОРАКУЛ мулььтикомплекс	10,9 (a)	13,2 (a)	14,8 (a)	13,0 (a)
	Контроль	7,5 (c)	9,8 (c)	11,3 (c)	9,5 (c)
Саломі	Вимпел 2	9,4 (ab)	11,1 (b)	12,1 (b)	10,9 (b)
	ОРАКУЛ мулььтикомплекс	8,2 (b)	10,5 (b)	11,7 (b)	10,1 (c)
	Вимпел 2 + ОРАКУЛ мулььтикомплекс	10,1 (a)	12,9 (a)	13,9 (a)	12,3 (a)
	Контроль	7,2 (c)	9,3 (c)	10,9 (c)	9,1 (c)

Примітка: $x \pm SD$, Тьюкі тест, $n = 5$ повторів; a, b, c – статистично значущі відмінності кількості мікроорганізмів ($P < 0,05$).

На сорті Саломі спостерігали подібну залежність варіант із сумішшю мікродобрив та стимулятора росту виявив найвищий показник ЧПФ – 12,3 г/м² за добу, що на 23% вище, ніж у контрольному варіанті.

Дослідженнями встановлено можливість управління формуванням показників фотосинтетичного потенціалу посівів ячменю ярого. Обробка стимуляторами росту та мікродобривами сприяє значному підвищенню показників ФПП і ЧПФ. Ці показники різнилися також залежно від сортових особливостей культури.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що біологічний препарат Вимпел 2 у поєднанні з ОРАКУЛ мулььтикомплекс позитивно впливає на збільшення хлорофілу у листках рослин ячменю ярого, що має важливе значення у підвищенні продуктивності культури. Досліджувані показники (хлорофіли a і b , білок, крохмаль, площа листової поверхні, ФПП та ЧПФ) різняться залежно від сортових особливостей ячменю ярого. Сорт Саломі більше накопичує зелені пігменти

за дії стимулятора росту та мікродобрив порівняно із сортом Себастьян. У фазі кущення та виходу у трубку сорт Саломі активніше нарощує листову масу порівняно з сортом Себастьян, але у фазі колосіння показники вирівнюються. Ці препарати впливають на накопичення білка в зерні ячменю ярого. Більшу кількість білка накопичує зерно сорту Саломі порівняно із сортом Себастьян у поєднанні препаратів Вимпел 2 та ОРАКУЛ мулььтикомплекс. Вміст крохмалю, у зерні ячменю ярого пивоварного за сумісної обробки досліджуваними препаратами сягає від 64,95% (сорт Себастьян) до 65,14% (сорт Саломі). Протягом вегетаційного періоду ФПП та ЧПФ підвищується на обох сортах за поєднання мікродобрива та стимулятора росту. Отже, зерно ячменю ярого пивоварного значення необхідної якості можна отримати лише за умов оптимальної комбінації використання агротехнічних прийомів (поєднанні препаратів різного спектра дії) та оптимального підбору сортів із використанням направлених наукових підходів і результатів досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

- Sadenova M., Kulenova N., Gert S., Beisekenov N. and Levin E. Innovative Approaches for Improving the Quality and Resilience of Spring Barley Seeds: The Role of Nanotechnology and Phytopathological Analysis. *Plants*. 2023. Vol. 12(22). P. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12223892>.
- Кузіна В. Вплив погодних факторів на ефективність виробництва пивоварного ячменю. *Галицький економічний вісник*. Тернопіль: ТНТУ. 2020. Т. 6. № 67. С. 7–17. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2020.06.007.
- Моспійчук І.Г., Гаврилюк Л.В., Безноско І.В., Туровнік Ю.А. Вплив біопрепаратів Вимпел 2, Оракул мультікомплекс та їх суміші на рослини ячменю ярого (*Hordeum L.*) різних сортів. *Агро-екологічний журнал*. 2023. № 2. С. 91–99. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283701>.
- Тищенко М.В., Мороз О.В., Смірних В.М. та ін. Використання мікроелементного препарату «Аватар» за вирощування ячменю ярого в польовій сівозміні. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 3. С. 32–38. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA_2018_3_7.
- Біловус Г.Я., Терлецька М.І., Лісова Ю.А. та ін. Сорти ячменю озимого з груповою стійкістю до листових хвороб для Західного Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 1 (838). С. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-03>.
- Оничко В.І., Бердін С.І., Коваленко І.М. Вплив азотного живлення на поширення і розвиток хвороб ячменю ярого в Північно-Східному Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету: науковий журнал. Сер.: Агронімія і біологія*. 2018. Вип. 3 (35). С. 57–64. DOI: <http://hero.snau.edu.ua/handle/123456789/6558>.
- Кузіна В. Технологія ефективного виробництва ячменю пивоварного призначення. *Інноваційна економіка*. 2021. № (1–2). С. 94–101. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2021.1-2.13>.
- Солонечна О.В., Рябчун В.К., Музафарова В.А. Генетичне різноманіття зразків ячменю ярого за цінними господарськими ознаками. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 11 (836). С. 19–24. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202211-03>.
- Liu Y., Qiu J., Yue Y. et al. Dietary black-grained wheat intake improves glycemic control and inflammatory profile in patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *Therapeutic and Clinical Risk Management*. 2018. Vol. 14. P. 247–256. DOI: <https://doi.org/10.2147/TCRM.S151424>.
- ДСТУ 3769-98. Ячмінь. Технічні умови. З Поправкою (ІПС № 6–99). [Чинний від 1998.07.01]. Вид. офіц. Київ: Державний стандарт України. 18 с.
- Ульянченко О.В., Кузіна В.Ю. Управління пивоварною якістю ячменю в Україні: досвід світових компаній. *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Сер.: Економічні науки*. 2020. № 2. С. 33–45. DOI: <https://doi.org/10.31359/2312-3427-2020-2-33>.
- Idehen E., Tang Y. and Sang Sh. Bioactive phytochemicals in barley. *J. of Food and Drug Analysis*. 2017. Vol. 25. P. 148–161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.08.002>.
- Krzysztoforska K., Mirowska-Guzel D. and Widy-Tyszkiewicz E. Pharmacological effects of protocatechuic acid and its therapeutic potential in neurodegenerative diseases: Review on the basis of *in vitro* and *in vivo* studies in rodents and humans. *Nutr. Neurosci.* 2019. Vol. 22. P. 72–82. DOI: <https://doi.org/10.1080/1028415X.2017.1354543>.
- Awasthi R., Bhandari K. and Nayyar N. Temperature stress and redox homeostasis in agricultural crops. *Front. Environ.* 2015. Vol. 3. P. 11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2015.00011>.
- Катрій В.Б., Рибалка О.І., Моргун Б.В. Фізіолого-біохімічні та генетичні особливості ячменю як продукту функціонального харчування. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. № 53 (6). С. 463–483. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2021.06.463>.
- Короткова І.В., Горобець М.В., Чайка Т.О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярого. *Scientific Progress and Innovations*. 2021. Vol. 2. P. 20–30. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.02>.
- Шегеда І.М., Починок В.М., Кірізіій Д.А., Маменко Т.П. Вплив умов азотного живлення на фотосинтез, продуктивність і білковість зерна озимої пшениці. *Фізіологія рослин і генетика*. 2018. № 50 (2). С. 105–114. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/FBKR_2018_50_2_4.
- Рожков А.О., Гутянський Р.А. Динаміка формування площі листя рослин ячменю ярого залежно від впливу норми висіву та позакоренових підживлень. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 4. С. 32–37. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2017.04.05>.
- Гирка А.Д., Винюков О.О., Гирка Т.В. та ін. Ефективність вирощування пшениці озимої залежно від системи обробітку ґрунту та сівби. *Зернові культури*. 2019. Т. 3. № 1. С. 61–67.
- Левішко А.С., Гуменюк І.І., Ткач Є.Д. та ін. Ефективність комплексного мікробного препарату для вирощування вівса та ячменю ярого. *Агро-екологічний журнал*. 2023. № 3. С. 96–103. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287768>.
- Мамедова Е.І. Вплив агротехнологічних заходів вирощування на формування надземної маси рослин ячменю ярого в умовах північного степу України. *Зернові культури*. 2018. Т. 2. № 1. С. 61–66. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0008>.
- Гораш О.С., Климишена Р.І. Залежність солодової властивості ячменю від впливу позакоренового підживлення рослин мікродобривами. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 115. С. 24–32. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.4>.
- Khafagy M. A.-M., Zain Al-A. A. H. M., Farouk S. and Amrajaa H.K. Effect of pre-treatment of barley Grain on germination and seedling growth under drought stress. *Advances in Applied Sciences*. 2017. Vol. 2(3). P. 33–42. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.aas.20170203.12>.

24. Yakhin O.I., Lubyaynov A.A., Yakhin I.A. and Brown P.H. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers in plant science*. 2017. Vol. 7. P. 2049. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>.
25. Колесніков М.О. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Фізіологія польових культур». Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 16 с.

REFERENCES

1. Sadenova, M., Kulenova, N., Gert, S., Beisekenov, N. & Levin, E. (2023). Innovative Approaches for Improving the Quality and Resilience of Spring Barley Seeds: The Role of Nanotechnology and Phytopathological Analysis. *Plants*, 12 (22), 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12223892> [in English].
2. Kuzina, V. (2020). Vplyv poghodyhnykh faktoriv na efektyvnist' vyrobnyctva pyvovarnogho jachmenju [The influence of weather factors on the efficiency of malting barley production]. *Ghalyckyy ekonomichnyy visnyk — Galician economic bulletin*, 6, 67, 7–17. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2020.06.007 [in Ukrainian].
3. Mosijchuk, I.I., Ghavryljuk, L.V., Beznosko, I.V. & Turovnik, Ju.A. (2023). Vplyv biopreparativ Vypel 2, Orakul mul'tykompleks ta jikh sumishi na roslyny jachmenju jarogho (*Hordeum* L.) riznykh sortiv [The influence of biological preparations Vimpel 2, Oracle multicomplex and their mixtures on plants of spring barley (*Hordeum* L.) of different varieties]. *Aghroekologichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 91–99. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283701> [in Ukrainian].
4. Tyshhenko, M.V., Moroz, O.V., Smirnykh, V.M. et al. (2018). Vykorystannja mikroelementnogho preparatu «Avatar» za vyroshhuvannja jachmenju jarogho v pol'ovij sivozmini [Use of trace element drug «Avatar» for growing spring barley in the field crop rotation]. *Visnyk Poltav's'koyi derzhavnoji aghrarnoji akademiji — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 3, 32–38. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDAA_2018_3_7 [in Ukrainian].
5. Bilovus, Gh.Ja., Terlecjka, M.I., Lisova, Ju.A. et al. (2023). Sorty jachmenju ozymogho z ghrupovuju stijkistju do lystkovykh khvorob dlja Zakhidnogho Lisostepu [Varieties of winter barley with group resistance to foliar diseases for the Western Forest Steppe]. *Visnyk aghrarnoji nauky — Bulletin of agricultural science*, 1 (838), 22–29. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202301-03> [in Ukrainian].
6. Onychko, V.I., Berdin, S.I. & Kovalenko, I.M. (2018). Vplyv azotnogho zhylvlennja na poshyrennja i rozvytok khvorob jachmenju jarogho v pivnichnoskhidnomu Lisostepu Ukrajinji [The influence of nitrogen nutrition on the spread and development of diseases of spring barley in the northeastern Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Sums'kogo nacional'nogho aghrarnogho universytetu: naukovyj zhurnal. Seriya: Aghronomija i biologija — Bulletin of the Sumy National Agrarian University: scientific journal. Series: Agronomy and biology*, 3 (35), 57–64. DOI: <http://repo.snau.edu.ua/handle/123456789/6558> [in Ukrainian].
7. Kuzina, V. (2021). Tekhnologija efektyvnogho vyrobnyctva jachmenju pyvovarnogho pryznachennja [Technology of efficient production of barley for brewing purpose]. *Innovacijna ekonomika — Innovative economy*, (1–2), 94–101. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2021.1-2.13> [in Ukrainian].
8. Solonechna, O.V., Rjabchun, V.K. & Muzafarova, V.A. (2022). Ghenetychne riznomanittja zrazkiv jachmenju jarogho za cinnymy ghospodars'kyjmy oznakamy [Genetic diversity of spring barley samples for valuable economic traits]. *Visnyk aghrarnoji nauky — Bulletin of Agrarian Science*, 11 (836), 19–24. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202211-03> [in Ukrainian].
9. Liu, Y., Qiu J., Yue, Y. et al. (2018). Dietary black-grained wheat intake improves glycemic control and inflammatory profile in patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *Therapeutic and Clinical Risk Management*, 14, 247–256. DOI: <https://doi.org/10.2147/TCRM.S151424> [in English].
10. Jachminj. Tekhnichni umovy. Z Popravkoju (IPS 6–99) [Barley. Specifications. With Amendment (IPS No. 6–99)]. (1998). *DSTU 3769-98 from 1st July 1998*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
11. Ul'janchenko, O.V. & Kuzina, V.Ju. (2020). Upravlinnja pyvovarnuju jakistju jachmenju v Ukrajinji: dosvid svitovykh kompanij [Management of brewing quality of barley in Ukraine: experience of world companies]. *Visnyk KhNAU im. V.V. Dokuchajeva. Seriya: Ekonomichni nauky — Bulletin of the KHNAU named after V.V. Dokuchaeva. Series: Economic Sciences*, 2, 33–45. DOI: <https://doi.org/10.31359/2312-3427-2020-2-33> [in Ukrainian].
12. Idehen, E., Tang, Y. & Sang, Sh. (2017). Bioactive phytochemicals in barley. *J. of Food and Drug Analysis*, 25, 148–161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.08.002> [in English].
13. Krzysztoforska, K., Mirowska-Guzel, D. & Widy-Tyszkiewicz, E. (2019). Pharmacological effects of protocatechuic acid and its therapeutic potential in neurodegenerative diseases: Review on the basis of in vitro and in vivo studies in rodents and humans. *Nutr. Neurosci*, 22, 72–82. DOI: <https://doi.org/10.1080/1028415X.2017.1354543> [in English].
14. Awasthi, R., Bhandari, K. & Nayyar, H. (2015). Temperature stress and redox homeostasis in agricultural crops. *Front. Environ.*, 3, 11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2015.00011> [in English].
15. Katrij, V.B., Rybalka, O.I. & Morghun, B.V. (2021). Fiziologho-biokhimichni ta ghenetychni osoblyvosti jachmenju jak produktu funkcional'nogho kharchuvannja [Physiological, biochemical and genetic features of barley as a product of functional nutrition]. *Fiziologija roslyn i ghenetyka — Physiology of plants and genetics*, 53 (6), 463–483. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2021.06.463> [in Ukrainian].

16. Korotkova, I.V., Ghorobecj, M.V. & Chajka, T.O. (2021). Vplyv stymuljatoriv rostu na produktyvnistj sortiv jachmenju jarogho [The influence of growth stimulants on the productivity of spring barley varieties]. *Scientific Progress and Innovations*, 2, 20–30. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.02> [in Ukrainian].
17. Shegheda, I.M., Pochynok, V.M., Kirizij, D.A. & Mamenko, T.P. (2018). Vplyv umov azotnogho zhyvlennja na fotosyntezy, produktyvnistj i bilkovistj zerna ozymoju pshenyca [Influence of nitrogen nutrition conditions on photosynthesis, productivity and protein content of winter wheat grain]. *Fyzyologhyja rastenyj y ghenetyka — Physiology of plants and genetics*, 50 (2), 105–114. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/FBKR_2018_50_2_4 [in Ukrainian].
18. Rozhkov, A.O. & Ghutjanskyj, R.A. (2017). Dynamika formuvannja ploshhi lystja roslyn jachmenju jarogho zalezno vid vplyvu normy vysivu ta pozakorenyvykh pidzhyvlenj [Dynamics of leaf area formation of spring barley plants depending on the influence of sowing rate and foliar fertilization]. *Visnyk Poltavjskoho derzhavnoho aghrarnoho akademiji — Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 4, 32–37 [in Ukrainian].
19. Ghyrka, A.D., Vynjukov, O.O., Ghyrka, T.V. et al. (2019). Efektyvnistj vyroshhuvannja pshenyca ozymoju zalezno vid systemy obrobitku gruntu ta sivby [The efficiency of growing winter wheat depending on the system of tillage and sowing]. *Zernovi kuljture — Cereal crops*, 3 (1), 61–67 [in Ukrainian].
20. Levishko, A.S., Ghumenjuk, I.I., Tkach, Je.D. et al. (2023). Efektyvnistj kompleksnogho mikrobnogho preparatu dlja vyroshhuvannja vsva ta jachmenju jarogho [Effectiveness of a complex microbial preparation for growing oats and spring barley]. *Aghroekologichnyj zhurnal — Agroecological journal*, 3, 96–103. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287768> [in Ukrainian].
21. Mamjedova, E.I. (2018). Vplyv aghrotekhnologichnykh zakhodiv vyroshhuvannja na formuvannja nadzemnoji masy roslyn jachmenju jarogho v umovakh pivnichnogho stepu Ukrajinj [The influence of agrotechnological cultivation measures on the formation of above-ground mass of spring barley plants in the conditions of the northern steppe of Ukraine]. *Zernovi kuljture — Cereal crops*, 2 (1), 61–66. DOI: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0008> [in Ukrainian].
22. Ghorash, O.S. & Klymysheva, R.I. (2020). Zalezhnistj solodovoju vlastyvoju jachmenju vid vplyvu pozakorenyvykh pidzhyvlenja roslyn mikrodoberyvamy [Dependence of the malting properties of barley on the effect of foliar feeding of plants with microfertilizers]. *Tavrjskyj naukovyj visnyk — Tavriysk Scientific Bulletin*, 115, 24–32. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.4> [in Ukrainian].
23. Khafagy, M.A.-M., Zain, Al-A. A. H.M., Farouk, S. & Amrajaa, H.K. (2017). Effect of pre-treatment of barley Grain on germination and seedling growth under drought stress. *Advances in Applied Sciences*, 2 (3), 33–42. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.aas.20170203.12> [in English].
24. Yakhin, O.I., Lubyjanov, A.A., Yakhin, I.A. & Brown, P.H. (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers in plant science*, 7, 2049. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049> [in English].
25. Kolesnikov, M.O. (2019). *Metodychni vkazivky do praktychnykh zanjatj z dyscypliny «Fiziologhyja poljovykh kuljture» [Methodical instructions for practical classes in the discipline «Physiology of field crops»]. Melitopolj: TDATU [in Ukrainian].*

Стаття надійшла до редакції журналу 25.01.2024