

УДК 633.11:631.54

## Асиміляційна поверхня пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння біологічними препаратами

 С. М. Каленська,  О. Ю. Гордина\*

Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, \*e-mail: elenagordyna@gmail.com

**Мета.** Установити особливості розвитку асиміляційного апарату пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння біологічними препаратами. **Методи.** Дослідження проводили з використанням польового, лабораторного та математичного методів. Польові дослідження проводили впродовж 2019–2022 рр. у стаціонарній сівозміні кафедри рослинництва НУБІП України на чорноземах типових опідзолених у Правобережному Лісостепу України. Досліджували особливості формування асиміляційної поверхні пшениці озимої за передпосівної обробки насіння біологічно активними препаратами: Бінок зерно, Різомакс, Триходермін, Планориз, Урожай Старт. Фоновий варіант вирощування – передпосівне внесення  $N_{32}P_{32}K_{32}$  (нітроамофоска) та комплексного гранульованого добрива *DuraSOP Actibition*. Площу листової поверхні та колосових лусок обліковували з використанням програми *Petiole Pro*. Площу поверхні стебла визначали за формулою зовнішньої площі циліндра. **Результати.** Прапорцевий листок доволі важливий для формування високого рівня врожайності пшениці озимої, оскільки його втрата або пошкодження суттєво зменшують надходження асимілятив фотосинтезу в рослину. Зокрема, у фазі колосіння (ВВСН 57), у середньому його площа була 7,68 тис. м<sup>2</sup>/га, а гарні показники формування площі прапорцевого листка були у варіантах застосування Бінок зерно та Урожай старт, як окремо, так і в поєднанні, а в наступній фазі розвитку – цвітіння (ВВСН 65) отримані закономірності збереглися, хоча кращим було поєднання Бінок зерно в комплексі з удобренням Урожай Старт – 9,24 тис. м<sup>2</sup>/га. Спостерігалось цілком закономірне зниження загальної асиміляційної поверхні внаслідок поступового відмирання листків нижніх ярусів, скорочення можливості фотосинтезу прапорцевого листка та зменшення площі колоса, задіяної в асиміляції. Зокрема, у середньому по досліді, у фазі колосіння (ВВСН 57) загальна асиміляційна поверхня пшениці озимої становила 51,9 тис. м<sup>2</sup>/га; у фазі цвітіння (ВВСН 65) – 51,8; у фазі молочної стиглості зерна (ВВСН 75) – 29,3 тис. м<sup>2</sup>/га. Сумарна площа асиміляційної поверхні у фазі колосіння (ВВСН 57) була найбільшою за комбінованої обробки насіння перед сівбою біологічним препаратом Бінок зерно та добривом Урожай Старт – 61,7 тис. м<sup>2</sup>/га. Надалі у фазах цвітіння (ВВСН 65) та молочної стиглості зерна (ВВСН 75) отримані закономірності збереглися і кращим був варіант внесення Бінок зерно та Урожай старт у комплексі. До кінця вегетації концентрація основних фотопігментів у листках пшениці озимої зменшувалась і у фазі молочної стиглості зерна (ВВСН 75) уміст хлорофілу *a* був 11,01 мг/г та хлорофілу *b* – 3,93 мг/га. А от на більш ранніх етапах онтогенезу пшениці в листках зростає уміст хлорофілу *b*, тоді як хлорофілу *a* зменшувався у чисельному виразі на грам сухої речовини листка. Установлено, що в середньому по досліді на час колосіння (ВВСН 57) уміст хлорофілу *a* становив 11,6 мг/г, тоді як хлорофілу *b* – 4,09 мг/га, а у фазі цвітіння (ВВСН 65) їхній уміст становив 11,4 та 4,14 мг/га відповідно. Визначено, що комплексна обробка насіння Бінок зерно + Урожай старт разом з удобренням  $N_{32}P_{32}K_{32}$  + Actibion забезпечила вищий уміст хлорофілів – 16,3; 16,0 та 15,4 мг/г сухої речовини. **Висновки.** Застосування для передпосівної обробки насіння пшениці озимої досліджуваних біопрепаратів сприяє суттєвому підвищенню впродовж усієї вегетації показників сумарної асиміляційної поверхні рослин, зокрема її складників, як-от площа прапорцевих листків, зелених колоскових лусок та стебел, а також вмісту фотосинтетичних пігментів. Установлені закономірності росту й розвитку рослин є важливим чинником оптимізації технології вирощування культури в умовах Правобережного Лісостепу України.

**Ключові слова:** площа прапорцевого листка; площа стебла; площа колоса; уміст хлорофілів.

## Вступ

Пшениця озима є одним з основних джерел забезпечення продовольчої та енергетичної безпеки людства, а також важливою сировиною для промислової переробки й використання в медицині [1–3].

Підвищення ефективності та продуктивності фотосинтезу сільськогосподарських рослин є важливим рішенням глобальної продовольчої безпеки [4–6]. Водночас фотосинтез дуже чутливий до абіотичних стресів, як-от посуха, високі температури та озон [7]. Посуха спричинила втрату біля 1820 мільйонів тонн зернових впродовж останніх чотирьох десятиліть [8]. Прогнозується, що посухи та їх інтенсивність зростатимуть і ризик втрати врожаю пшениці становитиме близько 20 % [9], а порівняно з ярою пшеницею розвиток, фотосинтез і, як наслідок, урожайність будуть значно меншими для озимої пшениці, що разом із ризиком екстремальних погодних умов призведе до ймовірності зниження врожайності до 56 % у східних частинах Фінляндії [10, 11]. Дослідження F. Тао та ін. [10] чітко параметризувало вплив екстремальної температури та посухового стресу на врожайність пшениці та врахувало широкий діапазон сортів пшениці з контрастними фенологічними характеристиками та вимогами до тепла.

Селекція пшениці озимої передусім спрямована на підвищення врожайності, якості зерна, стійкості до вилягання, оптимізацію структурних компонентів рослини [12–15]. Питанням фотосинтетичної активності рослин в селекції не приділялося значної уваги, але нині, за нових інструментальних можливостей учені почали працювати і в цьому напрямі [4].

Традиційне вирощування пшениці озимої спрямоване на максимальну реалізацію біологічного потенціалу завдяки інтенсивному використанню мінеральних добрив, хімічних пестицидів, що безумовно забезпечує значне зростання врожайності та валових зборів [16–19].

Однак виклики сьогодення дедалі частіше акцентують увагу на раціональному використанні ґрунтів, збереженні довкілля та виробництва органічної продукції, зокрема й пшениці озимої [20]. Адаптивність та стійкість до стресів упродовж вегетації за зміни кліматичних умов досягається як завдяки селекції, так і складників технології вирощування [21, 22].

Фотосинтетичний апарат сільськогосподарських культур є одним з визначальних чинників забезпечення високої їх продуктивності [23]. Закономірності його формування та функціонування значною мірою залежать від росту й розвитку рослин, органів, що беруть участь у фотосинтезі, забезпеченні рослин необхідними елементами живлення, вмісту фотосинтезувальних пігментів у рослинах [24–26]. Фотосинтетична активність польових культур залежить не лише від генетики сорту, морфотипу рослини, але й від регуляторів росту різного походження, які суттєво впливають на ріст і розвиток рослин, формування асиміляційної поверхні [27–29].

Серед комплексів рослин здатних вловлювати світло особливе місце займають хлорофіли *a* і *b*, що напряду показують потенційні можливості рослин сформувати біологічний урожай [30]. Вміст хлорофілів та інтенсивність проходження процесів фотосинтезу в рослин пшениці значно впливають фактори забезпечення посівів макро- та мікроелементами живлення [31–33]. Добрива і їх правильне застосування визначає формування площі й ефективності асиміляційного апарату, та, як наслідок, – зростання накопичення сухої речовини [4].

Важливим напрямом досліджень нині є активізація біологічної діяльності рослин для використання власних ресурсів та властивостей ґрунту за передпосівної обробки насіння біологічно активними препаратами, що дає змогу оптимізувати ріст і розвиток рослин, ресурсні витрати та позитивно впливати на довкілля [34–37]. Площа асиміляційної поверхні є одним з основних чинників, який визначає продуктивність посіву, однак мало даних щодо формування рослинами сумарної асиміляційної поверхні, а не лише площі листкової поверхні, у зв'язку з чим проведені нами дослідження є актуальними [17, 38].

**Метою досліджень** було встановити особливості формування сумарної асиміляційної поверхні рослин пшениці озимої в разі передпосівної обробки насіння біологічно активними препаратами за вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України.

## Методика проведення досліджень

Польові дослідження проводились в стаціонарному досліді кафедри рослинництва у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне, Білоцерківський р-н, Київська обл.) упродовж 2019–2022 рр. Ґрунт – чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий, грубопилуватий за гранулометричним складом. Материнська порода – карбонатний лес,

знаходиться на глибині 180–210 см і містить 9–11 % карбонатів кальцію. Ґрунтові води залягають на глибині 3–5 м. Орний шар (0–30 см) має зернисто-пилувату, а підорний шар – горіхово-зернисту структуру.

Схема досліду передбачала обробку насіння пшениці м'якої озимої біологічно активними препаратами:

*Бінок зерно* – комплексний інокулянт. Діюча речовина – відібрані мікробіологічні культури – антагоністи збудників корневих гнилей, комплекс фітогормонів, антибіотиків, вітамінів, амінокислот бактеріального походження;

*Різомакс* – органічний біостимулятор, збагачений ферментами, вільними амінокислотами, карбоновими кислотами;

*Триходермін* – біологічний фунгіцид з діючою речовиною на основі *Trichoderma lignorum*;

*Планориз* (біофунгіцид) – мікробіологічний препарат на основі бактерій *Pseudomonas fluorescens* для захисту рослин від корневих гнилей та інших хвороб, що спричинені шкідливими мікроорганізмами.

*Урожай Старт* – комплекс елементів живлення (азот, фосфор, калій, сірка, магній, цинк, бор, мідь, залізо, марганець, кобальт), хелатованих EDTA та з додаванням ауксинів, амінокислот і вітамінів групи В.

Фоновий варіантом щодо живлення передбачав передпосівне внесення *нітроаммофоски* ( $N_{32}P_{32}K_{32}$ ) та *DuraSOP Actibition* – комплексного гранульованого добрива (100 кг/га у фізичній вазі). *DuraSOP* – комплексне гранульоване добриво з мікроелементами на матричній основі, яке випускається в чотирьох формуляціях. У дослідженнях використовували формуляцію *DuraSOP Actibition*, яка містить 9 % азоту, 20 % фосфору, 12 % калію і 15 % сірки, а також містить мікроелементи: Mg, Mn, Zn, B, Fe. Кожен мікроелемент хелатується окремо, що дає змогу підвищити його доступність. Добриво *DuraSOP* може використовуватися для передпосівного і припосівного внесення.

Сівбу пшениці озимої виконували в оптимальні агротехнічні строки за допомогою сівалки Грейт Плейнз із шириною захвату 1,4 м, норма висіву – 5 млн схожих насінин на 1 га. Попередником була соя, дослід закладався у чотирикратному повторенні. Загальна площа елементарної ділянки становила 60 м<sup>2</sup>, облікової – 50 м<sup>2</sup>.

Дослідження проводили відповідно до наукових методик [39]. Фенологічні спостереження за рослинами пшениці озимої здійснювали відповідно до фази та мікростадії росту й розвитку рослин за шкалою ВВСН [40, 41].

Фотосинтетичну площу колоса визначали як суму площ зовнішніх зелених колосових лусок. Для цього обривали всі зовнішні луски пінцетом та за допомогою фотовимірювання програмою *Petiole Pro* встановлювали суму площ. Перекриття лусок не враховували з огляду на складність визначення цього показника. Площу стебла обліковували згідно із формулою визначення площі зовнішньої поверхні циліндра. Для цього встановлювали висоту стебла та його діаметри в нижній та верхній частині стебла.

У досліді висівали середньо-ранньостиглий сорт пшениці м'якої озимої 'МІП Валенсія' (еритроспермум), включений до Державного реєстру у 2017 р.

Визначення площі листової поверхні, а також площі інших асимілювальних органів пшениці озимої, проводили з використанням методу сканування листків з подальшим визначенням їх площі за допомогою програмного забезпечення *Petiole Pro*. Уміст хлорофілів *a* та *b* у листках визначали фотоколориметричним методом. Статистичну обробку даних виконували за допомогою дисперсійного аналізу з використанням пакетної програми «Statistica 10» [42].

### Результати досліджень

Традиційно, за характеризування фотосинтетичної активності посівів, аналізується лише площа листової поверхні. Однак є результати досліджень, які показують, що до 22 % асимілятив забезпечується завдяки фотосинтезу колосових лусок, а прапорцевий листок формує до 43 % асимілятив. Також у фотосинтезі бере участь і стебло рослини, а тому на час максимального формування площі листя листовий індекс рослин перевищує 6 [26].

Досліджувані біологічні препарати різняться між собою за складом, механізмом дії, але в комплексі із фоновими добривами вони мають позитивний вплив в цілому на ріст і розвиток рослин, інтенсивність формування фотосинтетично активної поверхні, вміст хлорофілів *a* і *b*.

Прапорцевий листок відіграє важливу роль у фотосинтетичних процесах, інтенсивності накопичення сухої речовини та формуванні врожайності пшениці озимої, а тому його втрата або пошкодження зменшують надходження асимілятів більше ніж на 40 %. Навіть недостатній розвиток прапорцевого листка істотно знижує рівень урожайності пшениці [18].

Сумарна площа прапорцевих листків пшениці озимої динамічно збільшувалась до фази цвітіння (ВВСН 65) і становила 5,90 тис. м<sup>2</sup>/га в контрольному варіанті; 7,10 тис. м<sup>2</sup>/га – за внесення фонових добрив N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub> + DuraSOP Actibion; 7,94–9,24 тис. м<sup>2</sup>/га в разі застосування біологічно активних препаратів (табл. 1). Найефективнішою виявилася комбінація препарату Бінок зерно з добривом Урожай Старт – площа листової поверхні становила 9,24 тис. м<sup>2</sup>/га і була на 3,34 тис. м<sup>2</sup>/га (56,6 %) більшою порівняно з контрольним варіантом.

Таблиця 1

**Сумарна площа прапорцевих листків пшениці озимої у разі застосування біологічних препаратів, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2019–2022 рр.)**

Варіант досліду*	Фенологічна фаза (мікростадія росту й розвитку рослин)		
	колосіння (ВВСН 57)	цвітіння (ВВСН 65)	молочна стиглість зерна (ВВСН 75)
Контроль	5,80	5,90	4,53
N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> + DuraSOP Actibion (фон)	6,98	7,10	5,68
Різомакс + фон	7,65	7,94	5,72
Планориз + фон	7,78	7,94	5,89
Триходермін + фон	7,88	7,90	5,70
Бінок зерно + фон	8,71	8,75	5,90
Урожай Старт + фон	8,62	8,70	5,99
Бінок зерно + Урожай Старт + фон	9,04	9,24	6,42
HP <sub>0,05</sub>	0,40	0,45	0,21

\* В усіх варіантах досліду, окрім контролю, вносили фонові добрива N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub> + DuraSOP Actibion.

Така різниця в сумарній площі прапорцевих листків свідчить про значний потенціал стимуляції розвитку прапорцевих листків посіву та подовження тривалості їх функціонування в разі застосування біологічних препаратів. Кожен препарат має свій механізм дії, але комбіноване їх застосування з фоновими добривами, які внесені перед сівбою, дає суттєві прирости порівняно з контрольним варіантом.

У фазі молочної стиглості зерна (ВВСН 75) сумарна площа прапорцевих листків зменшувалась і коливалася від 4,53 тис. м<sup>2</sup>/га на контролі до 6,42 тис. м<sup>2</sup>/га у варіанті із застосуванням Бінок зерно та Урожай Старт. Важливо, що в цей період активна площа прапорцевого листка лишалася на досить високому рівні і суттєво перевищувала контрольний варіант, а в разі застосування Бінок зерно та Урожай Старт суттєво перевищувала і фоновий варіант.

Якщо аналізувати особливості зміни асиміляційної площі прапорцевого листа у фазі молочно-воскової стиглості пшениці, то вчені не вбачають критичного впливу зменшення його ефективної фотосинтезуючої площі у цій фазі. Зокрема, Є. Домарацький [21] вказує, що понад 50 % органічної речовини синтезується і надходить до зернівки в період між 10-ю і 25-ю добою після цвітіння.

У загальну площу асиміляційної поверхні свій внесок роблять також такі структурні елементи, як колос та стебло, формування яких залежить від умов вирощування.

Проведені нами розрахунки площі поверхні зелених колоскових лусок свідчать про різницю в площі залежно від варіантів застосування біологічних препаратів та добрив (табл. 2). Якщо аналізувати закономірності участі площі колосових лусок у фотосинтетичній діяльності, то у фазі колосіння (ВВСН 57) у середньому по досліді було задіяно 2,00–3,19 тис. м<sup>2</sup>/га їх поверхні колоса, а за рахунок того, що не в усіх рослин, особливо на бічних пагонах, було видно всю поверхню колоса, то ця площа відповідно зафіксована нами менша, ніж у фазі цвітіння (ВВСН 65). Максимальних розмірів фотосинтетична поверхня лусок досягала до фази цвітіння (ВВСН 65) і коливалася від 2,80 (контроль) до 4,37 тис. м<sup>2</sup>/га у варіанті, де передпосівна обробка насіння проводилась препаратом Бінок зерно та добривом Урожай Старт.

У фазі молочної стиглості зерна (ВВСН 75) було встановлено суттєве зменшення площі колоскових лусок – до 0,80–1,16 тис. м<sup>2</sup>/га. По мірі старіння колоса та наливу й дозрівання в ньому зернівок, колоскові луски втрачали характерне зелене забарвлення, що свідчило про відсутність у

них хлорофілів. А тому у процесі обрахунку фотосинтетично активної поверхні знебарвлені луски ми не враховували. Більша площа зелених лусок у варіантах, де застосовували біологічні препарати та добрива, пов'язана як безпосередньо з більшим розміром лусок, так і з тривалішим періодом їх функціонування. У разі застосування всіх біологічних препаратів установлено суттєве збільшення площі зелених лусок порівняно з контрольним і навіть фоновим варіантом.

Таблиця 2

**Сумарна площа поверхні зелених колоскових лусок пшениці озимої у разі застосування біологічних препаратів, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2019–2022 рр.)**

Варіант досліджу*	Фенологічна фаза (мікростадія росту й розвитку рослин)		
	колосіння (ВВСН 57)	колосіння (ВВСН 57)	колосіння (ВВСН 57)
Контроль	2,00	2,80	0,80
N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> + DuraSOP Actibion (фон)	2,60	3,39	0,84
Різомакс + фон	2,69	3,75	0,97
Планориз + фон	2,74	3,76	1,06
Триходермін + фон	2,77	3,60	0,97
Бінок зерно + фон	3,06	3,97	1,06
Урожай Старт + фон	3,04	3,98	1,08
Бінок зерно + Урожай Старт + фон	3,19	4,37	1,16
НІР <sub>0,05</sub>	0,12	0,20	0,04

\* В усіх варіантах досліджу, окрім контролю, вносили фонові добрива N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub> + DuraSOP Actibion.

Площа стебла рослин пшениці озимої, як ще одного з елементів фотосинтетичної активності посівів також змінювалася залежно від біологічних препаратів та удобрення, хоча не з такою інтенсивністю, як площа прапорцевого листка (табл. 3).

Таблиця 3

**Сумарна площа стебел пшениці озимої у разі застосування біологічних препаратів, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2019–2022 рр.)**

Варіант досліджу*	Фенологічна фаза (мікростадія росту й розвитку рослин)		
	колосіння (ВВСН 57)	колосіння (ВВСН 57)	колосіння (ВВСН 57)
Контроль	7,49	7,64	7,80
N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> + Actibion (фон)	9,58	9,83	9,90
Різомакс + фон	9,69	10,2	10,6
Планориз + фон	9,85	10,2	10,2
Триходермін + фон	9,71	9,79	9,86
Бінок зерно + фон	10,8	10,8	10,9
Урожай Старт + фон	10,6	10,8	10,9
Бінок зерно + Урожай Старт + фон	11,6	11,9	11,9
НІР <sub>0,05</sub>	0,32	0,40	0,42

\* В усіх варіантах досліджу, окрім контролю, вносили фонові добрива N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub> + DuraSOP Actibion.

У фазі колосіння (ВВСН 57) площа стебел становила 7,49–11,6 тис. м<sup>2</sup>/га; цвітіння (ВВСН 65) – 7,64–11,9 тис. м<sup>2</sup>/га, а у фазі молочної стиглості зерна (ВВСН 75) – 7,80–11,9 тис. м<sup>2</sup>/га. Тобто прослідковувалась незначна динаміка збільшення не скільки лінійного росту як діаметра соломини, а отже й зростали показники площі стебла як одного з фотосинтезувальних компонентів.

Сумарна асиміляційна поверхня посівів пшениці озимої складається з площі всіх листків, розташованих на рослині, площі стебла та колоса (табл. 4).

Сумарна площа асиміляційної поверхні в усіх варіантах із застосуванням біологічних препаратів для передпосівної обробки насіння на фоні N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub> + DuraSOP Actibion була суттєво вища порівняно з абсолютним контролем і фоновим варіантом, і становила 52,2–61,9 тис. м<sup>2</sup>/га у фазі колосіння (ВВСН 57); 51,5–62,4 – у фазі цвітіння (ВВСН 65) та 29,1–34,4 тис. м<sup>2</sup>/га у фазі молочної стиглості зерна (ВВСН 75).

**Сумарна асиміляційна поверхня пшениці озимої залежно від впливу факторів досліду, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2019–2022 рр.)**

Варіант досліду*	Фенологічна фаза (мікростадія росту й розвитку рослин)		
	колосіння (BBCH 57)	цвітіння (BBCH 65)	молочна стиглість зерна (BBCH 75)
Контроль	35,9	38,4	22,8
N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> + Actibion (фон)	48,3	47,7	28,6
Різомакс + фон	52,2	53,7	29,6
Планориз + фон	53,1	53,7	30,9
Триходермін + фон	53,5	51,5	29,1
Бінок зерно + фон	59,2	56,8	31,6
Урожай Старт + фон	58,6	56,8	31,9
Бінок зерно + Урожай Старт + фон	61,9	62,4	34,4
НІР <sub>0,05</sub>	3,2	3,1	1,3

\* В усіх варіантах досліду, окрім контролю, вносили фонові добрива N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub> + DuraSOP Actibion.

Ріст рослин залежить від фотосинтезу, на який впливають умови навколишнього середовища, та, зокрема, доступність рослинам мінерального живлення [23]. Важливим критерієм ефективності фотосинтетичної активності є вміст хлорофілів у листках рослин (табл. 5).

**Уміст хлорофілів *a* і *b* у листках рослин пшениці озимої залежно від обробки насіння біологічними препаратами, мг/г сухої речовини (середнє за 2019–2022 рр.)**

Варіант досліду*	Фенологічна фаза (мікростадія росту й розвитку рослин)								
	Колосіння (BBCH 57)			Цвітіння (BBCH 65)			Молочна стиглість зерна (BBCH 75)		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>
Контроль	10,5	3,80	14,3	10,4	3,91	14,3	10,3	3,72	14,0
N <sub>32</sub> P <sub>32</sub> K <sub>32</sub> + Actibion (фон)	10,9	3,90	14,9	10,8	4,00	14,8	10,5	3,80	14,3
Різомакс + фон	11,6	4,09	15,7	11,2	4,10	15,3	10,9	3,90	14,8
Планориз + фон	11,6	4,09	15,7	11,5	4,17	15,6	11,1	3,96	15,1
Триходермін + фон	11,5	4,05	15,6	11,2	4,10	15,3	10,9	3,90	14,8
Бінок зерно + фон	11,7	4,13	15,8	11,5	4,17	15,7	11,1	3,96	15,1
Урожай Старт + фон	11,7	4,13	15,9	11,5	4,18	15,7	11,2	3,97	15,1
Бінок зерно + Урожай Старт + фон	12,0	4,22	16,3	11,8	4,24	16,0	11,4	4,03	15,4
НІР <sub>0,05</sub>	0,62	0,30	0,84	0,65	0,33	0,89	0,57	0,29	0,80

\* В усіх варіантах досліду, окрім контролю, вносили фонові добрива N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub> + DuraSOP Actibion.

По мірі вегетації пшениці озимої в листках рослин зростав уміст хлорофілу *b*, тоді як хлорофілу *a* зменшувався в чисельному виразі на грам сухої речовини листка. Зокрема було встановлено, що в середньому по досліду на час колосіння (BBCH 57) уміст хлорофілу *a* становив 11,61 мг/г, тоді як хлорофілу *b* – 4,09 мг/га, а у фазі цвітіння (BBCH 65) – 11,35 та 4,14 мг/га відповідно. Тобто спостерігалось підвищення тінювих хлорофілів по мірі затінення рослин та формування ними додаткової біомаси. А от у фазі молочної стиглості зерна (BBCH 75) уміст хлорофілу *a* був 11,01 мг/г та хлорофілу *b* – 3,93 мг/га. Тобто до кінця вегетації концентрація основних фотопігментів у листках пшениці озимої знижувалась.

Щодо закономірностей накопичення, як окремих хлорофілів, так і їхньої суми, то в досліджувані нами фази розвитку рослин пшениці озимої спостерігалась позитивна динаміка зростання хлорофілів у разі застосування додаткових заходів, особливо внесення Бінок зерно та Урожай старт на рівні фону добрив, однак отримані відмінності не суттєво різнились із варіантом фону. Водночас комплексна обробка насіння Бінок зерно + Урожай старт разом з удобренням N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub> + Actibion забезпечила найвищий уміст хлорофілів – 16,25; 16,01 та 15,41 мг/г сухої речовини.

**Висновки**

Установлено, що спостерігалось цілком закономірне зниження загальної асиміляційної поверхні за рахунок поступового відмирання листків нижніх ярусів, скорочення можливості

фотосинтезу прапорцевого листка та зменшення площі колоса, задіяної в асиміляції. Зокрема, в середньому по досліді на час колосіння (ВВСН 57) загальна асиміляційна поверхня пшениці озимої становила 51,88 тис. м<sup>2</sup>/га, у фазі цвітіння (ВВСН 65) – 51,83 тис. м<sup>2</sup>/га, а у фазі молочної стиглості зерна (ВВСН 75) – 29,27 тис. м<sup>2</sup>/га.

Досліджено, що оскільки загальна асиміляційна площа рослини є фактичною сумою всіх площ, то й зміни її залежно від впливу факторів носять більш усереднений характер динаміки. Зокрема на час колосіння (ВВСН 57) спостерігались високі показники у варіанті поєднання Бінок зерно в комплексі з удобренням Урожай Старт – 61,7 тис. м<sup>2</sup>/га. Аналогічно надалі, у фазі цвітіння (ВВСН 65) та у фазі молочної стиглості зерна (ВВСН 75), отримані закономірності збереглися і найкращим був варіант унесення Бінок зерно та Урожай старт у комплексі.

Виявлено, що до кінця вегетації концентрація основних фотопігментів у листках пшениці озимої зменшувалась і у фазі молочної стиглості зерна (ВВСН 75) уміст хлорофілу *a* був 11,01 мг/г, хлорофілу *b* – 3,93 мг/га. А от на більш ранніх етапах онтогенезу пшениці в листках зростає уміст хлорофілу *b*, тоді як хлорофілу *a* зменшувався в чисельному виразі на грам сухої речовини листка. Зокрема було встановлено, що в середньому по досліді на час колосіння (ВВСН 57) уміст хлорофілу *a* становив 11,61 мг/г, тоді як хлорофілу *b* – 4,09 мг/га, а у фазі цвітіння (ВВСН 65) – 11,35 і 4,14 мг/га відповідно.

Визначено, що комплексна обробка насіння Бінок зерно + Урожай старт разом з удобренням N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub> + Actibion забезпечила найвищий уміст хлорофілів – 16,3, 16,0 та 15,4 мг/г сухої речовини.

### Використана література

1. Моргун В. В., Рибалка О. І. Стратегія генетичного поліпшення зернових злаків з метою забезпечення продовольчої безпеки, лікувально-профілактичного харчування та потреб переробної промисловості. *Вісник НАН України*. 2017. № 3. С. 54–64. doi: 10.15407/visn2017.03.054
2. Kalenska S. Food security and innovation solutions in crop production. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 13, Iss. 2. P. 14–26. doi: 10.31548/agr.13(2).2022.14-26
3. Господаренко Г. М., Любич В. В., Железна В. В., Полянецька І. О. Амінокислотний склад зерна пшениці озимої залежно від сорту. *Вісник УНУС*. 2021. № 1. С. 60–65. doi: 10.31395/2310-0478-2021-1-60-65
4. Long S. P., Marshall-Colon A., Zhu X.-G. Meeting the global food demand of the future by engineering crop photosynthesis and yield potential. *Cell*. 2015. Vol. 161, Iss. 1. P. 56–66. doi: 10.1016/J.CELL.2015.03.019
5. Ort D. R., Merchant S. S., Alric J. et al. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 2015. Vol. 112, Iss. 28. P. 8529–8536. doi: 10.1073/pnas.1424031112
6. Melnyk A., Akuaku J., Melnyk T., Makarchuk A. Influence of photosynthetic apparatus on the productivity of high-oleic sunflower depending on climatic conditions in the left-bank forest-steppe of Ukraine. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2020. Vol. 26. P. 800–808.
7. Baslam M., Mitsui T., Hodges M. et al. Photosynthesis in a Changing Global Climate: Scaling Up and Scaling Down in Crops. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. Article 882. doi: 10.3389/fpls.2020.00882
8. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*. 2016. Vol. 529. P. 84–87. doi: 10.1038/nature16467
9. Leng G., Hall J. Crop yield sensitivity of global major agricultural countries to droughts and the projected changes in the future. *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 654. P. 811–821. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.434
10. Tao F., Rötter R. P., Palosuo T. et al. Assessing climate effects on wheat yield and water use in Finland using a super-ensemble-based probabilistic approach. *Climate Research*. Vol. 65. P. 23–37. doi: 10.3354/cr01318
11. Liu C., Wu Z., Hu Z. et al. Characteristics and influencing factors of carbon fluxes in winter wheat fields under elevated CO<sub>2</sub> concentration. *Environmental Pollution*. 2022. Vol. 307, Article 119480. doi: 10.1016/j.envpol.2022.119480
12. Moskalets T., Moskalets V., Barat Yu. et al. Bioecological features, biochemical and physicochemical parameters of grain of new genotypes. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25, Iss. 9. P. 41–52. doi: 10.48077/scihor.25(9).2022.41-52
13. Moskalets V., Knyazyuk O., Bordiug N. et al. Extension of the forming process in the selection of winter common wheat for productivity and quality by using the gene pool of related wheat species within the framework of food security. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26, Iss. 6. P. 43–57. doi: 10.48077/scihor6.2023.43
14. Рибалка О. І., Моргун В. В., Моргун Б. В. Кольорове зерно пшениці і ячменю — нова стратегія селекції зернових культур із високою біологічною цінністю зерна. *Фізіологія рослин і генетика*. 2020. Т. 52, № 2. С. 95–127. doi: 10.15407/frg2020.02.095

15. Рибалка О. І., Поліщук С. С., Моргун Б. В. Нові напрями в селекції зернових культур на якість зерна. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 120–133. doi: 10.31073/agroviznyk201811-16
16. Petunen I. V., Kalenska S. M., Liebhard P. Yield and quality characteristics of winter wheat varieties depending on different nitrogen nutrition levels in semiarid climate. *Науковий вісник НУБІП України. Серія: Агронія*. 2017. № 235. С. 9–24.
17. Коваленко А., Кіріак Ю. Урожайність та якість насіння різних сортів пшениці озимої залежно від агроприймів вирощування за умов зміни клімату. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. № 5. doi: 10.31548/dopovidi2018.05.021
18. Базалій В. В., Бойчук І. В., Бабенко Д. В. та ін. Реалізація генетичного потенціалу продуктивності сортів пшениці різного типу розвитку за різних умов вирощування. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2017. Т. 21. С. 92–95.
19. Гречишкіна Т. А. Наукове обґрунтування напрямів оптимізації елементів технології вирощування пшениці озимої в умовах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2017. № 97. С. 30–35.
20. Szczepanek M., Lemańczyk G., Lamparski R. et al. Ancient wheat species (*Triticum sphaerococcum* Perc. and *Triticum persicum* Vav.) in organic farming: Influence of sowing density on agronomic traits, pests and diseases occurrence, and weed infestation. *Agriculture*. 2020. Vol. 10, Iss. 11. Article 556. doi: 10.3390/agriculture10110556
21. Домарацький Є. О. Подолання впливу стресових явищ під час вирощування пшениці озимої за умов глобальних кліматичних змін. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції за участі ФАО «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти»* (м. Київ, 13–14 березня 2018 р.). Київ, 2018. С. 227–232.
22. Kalenska S., Novytska N., Kalenskyi V. et al. Management by formation of winter wheat resistant agrocenoses in the Forrest-Steppe of Ukraine. *1st International Wheat Congress: Abstract Proceeding: Poster Presentations*. (Saskatoon, Saskatchewan, Canada, July 22–26, 2019). Saskatoon, Canada, 2019.
23. Janušauskaite D., Auškalniene O., Pšibišauskiene G. Photosynthetic responses of spring barley varieties to different stand densities under field conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*. 2016. Vol. 62, Iss. 5. P. 441–448. doi: 10.1080/09064710.2011.641029
24. Domaratskyi Y. Leaf area formation and photosynthetic activity of sunflower plants depending on fertilizers and growth regulators. *Journal of Ecological Engineering*. 2021. Vol. 22, Iss. 6. P. 99–105. doi: 10.12911/22998993/137361
25. Akhter M. M., Hosain A., Timsina J. et al. Chlorophyll meter – a decision-making toll for nitrogen application in wheat under light soils. *International Journal of Plant Production*. 2016. Vol. 10, Iss. 3. P. 289–302. doi: 10.22069/ijpp.2016.2898
26. Dromantiene R., Pranckietiene I., Šidlauskas G. Effect of foliar application of amino acids on the photosynthetic indicators and yield of winter wheat. *Proceedings of the 7th International Scientific Conference Rural Development 2015* (Kaunas, Lithuania, November, 19–20, 2015). Kaunas: Aleksandras Stulginskis University, 2015. P. 1–8.
27. Onyshchenko O., Pokoptseva L., Kolesnikov M., Gerasko T. Photosynthetic activity of sunflower hybrids under growth regulators in the Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26, Iss. 6. P. 58–70. doi: 10.48077/scihor6.2023.58
28. Алмашова В. С., Скок С. В. Ефективність використання біологічних та ристрегулюючих препаратів для вирощування сільськогосподарських культур у зоні південного степу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*. Т. 47, № 1. С. 11–17. doi: 10.32845/agrobio.2022.1.2
29. Honchar A., Tonkha O., Patyka N. et al. Morphological and physiological-biochemical variability of spore-forming bacteria isolated from the agrocenosis of winter wheat. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2021. Vol. 12, Iss. 4. P. 588–593. doi: 10.15421/022180
30. Sadak M. S., Hanafy R. S., Elkady F. M. et al. Exogenous calcium reinforces photosynthetic pigment content and osmolyte, enzymatic, and non-enzymatic antioxidants abundance and alleviates salt stress in bread wheat. *Plants*. 2023. Vol. 12, Iss. 7. Article 1532. doi: 10.3390/plants12071532
31. Sitko K., Gieroń Ż., Szopiński M. et al. Influence of short-term macronutrient deprivation in maize on photosynthetic characteristics, transpiration and pigment content. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9, Iss. 1. Article 14181. doi: 10.1038/s41598-019-50579-1
32. Kalenska S., Tokar B. Influence fertilizers and retardant protection on dynamics chlorophyll content in leaves of spring barley. *Наукові доповіді НУБІП України*. 2015. № 56. URL: [http://nd.nubip.edu.ua/2015\\_7/10.pdf](http://nd.nubip.edu.ua/2015_7/10.pdf)
33. Vojovič B., Markivič A. (2009). Correlation between nitrogen and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Kragujevac Journal of Science*. 2019. Vol. 31. P. 69–74.
34. Batsmanova L., Taran N., Konotop Y. et al. Use of a colloidal solution of metal and metal oxide-containing nanoparticles as fertilizer for increasing soybean productivity. *Journal of Central European Agriculture*. 2020. Vol. 21, Iss. 2. P. 311–319. doi: 10.5513/JCEA01/21.2.2414



35. Novytska N., Gadzovskiy G., Mazurenko B. et al. Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in Western Polissya of Ukraine. *Agronomy Research*. 2020. Vol. 18, Iss. 4. P. 2512–2519. doi: 10.15159/AR.20.203
36. Bielashov O., Rozhkov A., Kalenska S. et al. Influence of pre-sowing application of mineral fertilizers, root and foliar nutrition on productivity of winter triticum plants. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022. Vol. 23, Iss. 6. P. 1–14. doi: 10.12912/27197050/152118
37. Вожегова Р. А., Кривенко А. І. Вплив біопрепаратів на продуктивність пшениці озимої та економічно-енергетичну ефективність технології її вирощування в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 1. С. 39–46. doi: 10.31521/2313-092X/2019-1(101)-6
38. Гамаюнова В. В., Смірнова І. В. Економічна ефективність вирощування сортів пшениці озимої залежно від оптимізації фону живлення. *Scientific Horizons*. 2018. № 1. С. 10–14.
39. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. Дослідна справа в агрономії. Кн. 1 : Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків : Майдан, 2016. 314 с.
40. Ткачик С. О., Присяжнюк О. І., Лещук Н. В. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 118 с.
41. Каленська С. М., Присяжнюк О. І., Половинчук О. Ю., Новицька Н. В. Порівняльна характеристика шкал росту й розвитку зернових культур. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14, № 4. С. 406–414. doi: 10.21498/2518-1017.14.4.2018.151906
42. Присяжнюк О. І., Каражбей Г. М., Лещук Н. В. та ін. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 10 : методичні вказівки. Київ : Нілан-ЛТД, 2016. 54 с.

## References

1. Morgun, V. V., & Rybalka, O. I. (2017). A strategy for the genetic improvement of cereals in order to ensure food security, medical and preventive nutrition and the needs of the processing industry. *Visnyk of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 3, 54–64. doi: 10.15407/visn2017.03.054
2. Kalenska, S. (2022). Food security and innovation solutions in crop production. *Plant and Soil Science*, 13(2), 14–26. doi: 10.31548/agr.13(2).2022.14-26
3. Hospodarenko, G. M., Liubych, V. V., Zhelyezna, V. V., & Polyanetska, I. O. (2021). The amino acid composition of winter wheat grain depending on the variety. *Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, 1, 60–65. doi: 10.31395/2310-0478-2021-1-60-65
4. Long, S. P., Marshall-Colon, A., & Zhu, X.-G. (2015). Meeting the global food demand of the future by engineering crop photosynthesis and yield potential. *Cell*, 161(1), 56–66. doi: 10.1016/J.CELL.2015.03.019
5. Ort, D. R., Merchant, S. S., Alric, J., Barkan, A., Blankenship, R. E., Bock, R., ... Zhu, X. G. (2015). Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, 112(28), 8529–8536. doi: 10.1073/pnas.1424031112
6. Melnyk, A., Akuaku, J., Melnyk, T., & Makarchuk, A. (2020). Influence of photosynthetic apparatus on the productivity of high-oleic sunflower depending on climatic conditions in the left-bank forest-steppe of Ukraine. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26(4), 800–808.
7. Baslam, M., Mitsui, T., Hodges, M., Priesack, E., Herritt, M. T., Aranjuelo, I., & Sanz-Sáez, Á. (2020). Photosynthesis in a Changing Global Climate: Scaling Up and Scaling Down in Crops. *Frontiers in Plant Science*, 11, Article 882. doi: 10.3389/fpls.2020.00882
8. Lesk, C., Rowhani, P., & Ramankutty, N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, 529, 84–87. doi: 10.1038/nature16467
9. Leng, G., & Hall, J. (2019). Crop yield sensitivity of global major agricultural countries to droughts and the projected changes in the future. *Science of The Total Environment*, 654, 811–821. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.434
10. Tao, F., Rötter, R., Palosuo, T., Höhn, J., Peltonen-Sainio, P., Rajala, A., & Salo, T. (2015). Assessing climate effects on wheat yield and water use in Finland using a super-ensemble-based probabilistic approach. *Climate Research*, 65, 23–37. doi: 10.3354/cr01318
11. Liu, C., Wu, Z., Hu, Z., Yin, N., Islam, A. R. M. T., & Wei, Z. (2022). Characteristics and influencing factors of carbon fluxes in winter wheat fields under elevated CO<sub>2</sub> concentration. *Environmental Pollution*, 307, Article 119480. doi: 10.1016/j.envpol.2022.119480
12. Moskalets, T., Moskalets, V., Barat, Yu., Podopriatov, H., & Pelekhatyi, V. (2022). Bioecological features, biochemical and physicochemical parameters of grain of new genotypes. *Scientific Horizons*, 25(9), 41–52. doi: 10.48077/scihor.25(9).2022.41-52
13. Moskalets, V., Knyazyuk, O., Bordiug, N., Ishchuk, O., & Matkovska, S. (2023). Extension of the forming process in the selection of winter common wheat for productivity and quality by using the gene pool of related wheat species within the framework of food security. *Scientific Horizons*, 26(6), 43–57. doi: 10.48077/scihor6.2023.43

14. Rybalka, O. I., Morgun, V. V., & Morgun, B. V. (2020). Colored grain of wheat and barley is a new strategy for the selection of grain crops with high biological value of grain. *Plant Physiology and Genetics*, 52(2), 95–127. doi: 10.15407/frg2020.02.095 [In Ukrainian]
15. Rybalka, O. I., Polishchuk, S. S., & Morgun, B. V. (2018). New directions in grain breeding for grain quality. *Bulletin of Agricultural Science*, 11, 120–133. doi: 10.31073/agrovisnyk201811-16 [In Ukrainian]
16. Petunencko, I. V., Kalenska, S. M., Liebhard, P. (2017). Yield and quality characteristics of winter wheat varieties depending on different nitrogen nutrition levels in semiarid climate. *Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Agronomy*, 235, 9–24. [In Ukrainian]
17. Kovalenko, A. M., & Kiriya, Y. P. (2018). Yield and quality of seeds of different varieties of winter wheat crop depending on agro cultivation methods and climate change conditions. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 5. doi: 10.31548/dopovidi2018.05.021
18. Bazalii, V., Boichuk, I., Domaratskyi, Ye., Larchenko, O., & Bazalii, G. (2017). Unlocking the genetic potential of soft winter wheat productivity under different growing conditions. *Factors in Experimental Evolution of Organisms*, 21, 92–95. [In Ukrainian]
19. Hrechyshkina, T. A. (2017). Scientific substantiation of the directions of optimizing the elements of cultivation technology of winter wheat varieties under the conditions of Southern Ukraine. *Tavria Scientific Bulletin*, 97, 30–35. [In Ukrainian]
20. Szczepanek, M., Lemańczyk, G., Lamparski, R., Wilczewski, E., Graczyk, R., Nowak, R., & Prus, P. (2020). Ancient wheat species (*Triticum sphaerococcum* Perc. and *Triticum persicum* Vav.) in organic farming: Influence of sowing density on agronomic traits, pests and diseases occurrence, and weed infestation. *Agriculture*, 10(11), Article 556. doi: 10.3390/agriculture10110556
21. Domaratskyi, Ye. O. (2018). Overcoming the effects of stress during the cultivation of winter wheat in the context of global climate change. In *Proceedings of the international scientific-practical conference with the participation of FAO "Climate change and agriculture. Challenges for agricultural science and education"* (pp. 227–232). Kyiv, Ukraine. [In Ukrainian]
22. Kalenska, S., Novytska, N., Kalenskyi, V., Kovalenko, R., Yeremenko, O., Tasheva, J., & Honchar, L. (2019). Management by formation of winter wheat resistant agrocenoses in the Forrest-Steppe of Ukraine. In *1st International Wheat Congress: Abstract Proceeding: poster presentations*. Saskatoon, Saskatchewan, Canada.
23. Janušauskaite, D., Auškalniene, O., & Pšibišauskiene, G. (2016). Photosynthetic responses of spring barley varieties to different stand densities under field conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*, 62(5), 441–448. doi: 10.1080/09064710.2011.641029
24. Domaratskyi, Y. (2021). Leaf area formation and photosynthetic activity of sunflower plants depending on fertilizers and growth regulators. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 99–105. doi: 10.12911/22998993/137361
25. Akhter, M. M., Hosain, A., Timsina, J., Teixeira da Silva, A., & Islam, M. S. (2016). Chlorophyll meter – a decision-making tool for nitrogen application in wheat under light soils. *International Journal of Plant Production*, 10(3), 289–302. doi: 10.22069/ijpp.2016.2898
26. Dromantiene, R., Pranckietiene, I., & Šidlauskas, G. (2015). Effect of foliar application of amino acids on the photosynthetic indicators and yield of winter wheat. In *Proceedings of the 7th International Scientific Conference Rural Development 2015* (pp. 1–8). Kaunas, Lithuania: Aleksandras Stulginskis University. doi: 10.15544/RD.2015.028
27. Onyshchenko, O., Pokoptseva, L., Kolesnikov, M., & Gerasko, T. (2023). Photosynthetic activity of sunflower hybrids under growth regulators in the Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 26(6), 58–70. doi: 10.48077/scihor6.2023.58
28. Almashova, V. S., & Skok, S. V. (2022). Effectiveness of application of biological preparations and plant growth regulators for growing agricultural crops in the southern steppe zone of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 1, 11–17. doi: 10.32845/agrobio.2022.1.2
29. Honchar, A., Tonkha, O., Patyka, N., Lykholat, Y., & Patyka, T. (2021). Morphological and physiological-biochemical variability of spore-forming bacteria isolated from the agrocoenosis of winter wheat. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12(4), 588–593. doi: 10.15421/022180
30. Sadak, M. S., Hanafy, R. S., Elkady, F. M., Mogazy, A. M., & Abdelhamid, M. T. (2023). Exogenous calcium reinforces photosynthetic pigment content and osmolyte, enzymatic, and non-enzymatic antioxidants abundance and alleviates salt stress in bread wheat. *Plants*, 12(7), Article 1532. doi: 10.3390/plants12071532
31. Sitko, K., Gieroń, Ż., Szopiński, M., Zieleźnik-Rusinowska, P., Rusinowski, S., Pogrzeba, M., & Małkowski, E. (2019). Influence of short-term macronutrient deprivation in maize on photosynthetic characteristics, transpiration and pigment content. *Scientific Reports*, 9(1), Article 14181. doi: 10.1038/s41598-019-50579-1
32. Kalenska, S., & Tokar, B. (2015). Influence fertilizers and retardant protection on dynamics chlorophyll content in leaves of spring barley. *Scientific Reports NULES of Ukraine*, 7. Retrieved from [http://nd.nubipedu.ua/2015\\_7/10.pdf](http://nd.nubipedu.ua/2015_7/10.pdf)

33. Bojovič, B., & Markivič, A. (2009). Correlation between nitrogen and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Kragujevac Journal of Science*, 31, 69–74.
34. Batsmanova, L., Taran, N., Konotop, Y., Kalenska, S., & Novytska, N. (2020). Use of a colloidal solution of metal and metal oxide-containing nanoparticles as fertilizer for increasing soybean productivity. *Journal of Central European Agriculture*, 21(2), 311–319. doi: 10.5513/JCEA01/21.2.2414
35. Novytska, N., Gadzovskiy, G., Mazurenko, B., Kalenska, S., Svistunova, I., & Martynov, O. (2020). Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in Western Polissya of Ukraine. *Agronomy Research*, 18(4), 2512–2519. doi: 10.15159/AR.20.203
36. Bielashov, O., Rozhkov, A., Kalenska, S., Karpuk, L., Marenych, M., Kuts, O., Zaitseva, I., Romanov, O., & Muzafarov, N. (2022). Influence of pre-sowing application of mineral fertilizers, root and foliar nutrition on productivity of winter tritical plants. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 23(6), 1–14. doi: 10.12912/27197050/152118
37. Vozhegova, R., & Kryvenko, A. (2019). The impact of biological products on winter wheat productivity and economic and energy efficiency of the technology of its cultivation in conditions of the Southern Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 1, 39–46. doi: 10.31521/2313-092X/2019-1(101)-6
38. Gamajunova, V. V., & Smirnova, I. V. (2018). Economic efficiency of winter wheat growing depending on the optimization fertile background. *Scientific Horizons*, 64(1), 10–14. doi: 10.33249/2663-2144-2018-64-1-10-14
39. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., Puzik, L. M., Popov, S. I., Muzafarov, N. M., ... Kryshtop, E. A. (2016). *Research in agronomy. Book 1. Theoretical aspects of research*. Kharkiv: Maidan. [In Ukrainian]
40. Tkachyk, S. O., Prysiazhniuk, O. I., & Leshchuk, N. V. (2016). *Methods of qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. The general part* (4<sup>th</sup> ed., rev. & enl.). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
41. Kalenska, S. M., Prysiazhniuk, O. I., Novytska, N. V., & Polovynchuk, O. Yu. (2018). Comparative characteristics of the growth and development of grain crops. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(4), 406–414. doi: 10.21498/2518-1017.14.4.2018.151906
42. Prysiazhniuk, O. I., Karazhbei, H. M., Leshchuk, N. V., Tsyba, S. V., Mazhuha, K. M., Brovkin, V. V., Symonenko, V. A., Maslechkin, V. V. (2016). *Statistical analysis of agronomic research data package Statistica 10*. Kyiv: Nilan-LTD. [In Ukrainian]

UDC 633.11:631.54

**Kalenska, S. M., & Hordyna, O. Yu.\*** (2023). The assimilation surface of winter wheat under the effect of seed treatment with biological preparations. *Advanced Agritechnologies*, 11(2). <https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285330> [In Ukrainian]

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, \*e-mail: elenagordyna@gmail.com*

**Purpose.** To establish the peculiarities of the winter wheat assimilation apparatus development under the effect of seed treatment with biological preparations. **Methods.** Research was conducted using field, laboratory and mathematical methods in 2019–2022 in the stationary crop rotation of the Department of Crop Production of the National Academy of Sciences of Ukraine on typical podzolized chernozems in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. The peculiarities of the formation of the assimilation area of winter wheat under the application of biological preparations for seed treatment were studied with the use of the following preparations: Binok Zerno, Rizomax, Trichodermin, Planoriz, Urozhai Start. N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub> fertilizer and complex granular fertilizer DuraSOP actibition were applied in seedbed preparation. The leaf area and glumes were calculated using the Petiole Pro program. The area of the stem was determined by the formula of the external area of the cylinder. **Results.** The flag leaf is quite important for the formation of a high yield of winter wheat, since its loss or damage significantly reduces the flow of photosynthetic assimilates into the plant. In particular, in the earing phase (BBCH 57), on average its area was 7.68 thousand m<sup>2</sup>/ha and good indicators of the formation of the area of the flag leaf were in the treatments with Binok Zerno and Harvest Start, both separately and in combination. In the next phase of development – flowering (BBCH 65) – the patterns were preserved, although the combination of Binok Zerno in a complex with fertilizer Harvest Start was better – 9.24 thousand m<sup>2</sup>/ha. A decrease in the total assimilation area was observed as a result of the gradual dying off of the leaves of the lower tiers, a reduction in the possibility of photosynthesis of the flag leaf and a decrease in the area of the ear involved in assimilation. In particular, on average according to the experiment, in the earing phase (BBCH 57), the total assimilation area of winter wheat was 51.9 thousand m<sup>2</sup>/ha; in the flowering phase (BBCH 65) 51.8 and in the phase of milk grain ripeness (BBCH 75) 29.3 thousand m<sup>2</sup>/ha. The total area of the assimilation surface in the earing phase (BBCH 57) was the largest for the combined seed treatment with the biological preparation Binok Zerno and the fertilizer Urozhai Start – 61.7 thousand m<sup>2</sup>/ha. In the future, in the phases of flowering (BBCH 65) and milk ripeness of grain (BBCH 75), the obtained patterns were preserved and the best treatment was the combined application of Binok Zerno and Harvest Start. By the end of the vegetation season, the concentration of the main photopigments in the leaves of winter wheat decreased. In the phase of milk ripeness of the grain (BBCH 75), the content of chlorophyll *a* was 11.01 mg/g and chlorophyll *b* 3.93 mg/g. However, at earlier

stages of wheat ontogenesis, the content of chlorophyll *b* in leaves increased, while chlorophyll *a* per gram of leaf dry matter decreased. It was established that the average content of chlorophyll *a* was 11.6 mg/g during the earing phase (BBCH 57), while the content of chlorophyll *b* was 4.09 mg/ha. In the flowering phase (BBCH 65), their content was 11.4 and 4.14 mg/ha, respectively. It was determined that the complex seed treatment with Binok Zerno + Harvest Start together with fertilizer N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub> + Actibion ensured a higher content of chlorophylls – 16.3; 16.0 and 15.4 mg/g of dry matter, respectively. **Conclusions.** The application of the studied biological preparations for the seed treatment of winter wheat seeds contributes to a significant increase of the indicators of the total assimilation area of plants throughout the vegetation season, in particular its components, such as the area of flag leaves, blumes and stems, as well as the content of photosynthetic pigments. Established regularities of plant growth and development are important factors for optimizing crop cultivation technology in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine.

**Keywords:** *flag leaf area; stem area; ear area; chlorophyll content.*

*Надійшла / Received 27.07.2023*  
*Погоджено до друку / Accepted 10.08.2023*