

## Закономірності зміни фотосинтетичних параметрів кукурудзи залежно від елементів технології вирощування

 О. І. Присяжнюк\*,  О. В. Копитов

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, \*e-mail: ollpris@gmail.com*

**Мета.** Установити закономірності зміни фотосинтетичних параметрів кукурудзи залежно від застосування кріопротектора та вологоутримувача в умовах Лісостепу України. **Методи.** Польові дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. у виробничих посівах господарства групи «Агро-Рось-Інвест» (Черкаська обл.) на чорноземі типовому. Висівали гібрид кукурудзи 'ДКС 4351'. Схема досліду включала застосування кріопротектора Амалгерол Ессенс для передпосівної обробки насіння та обприскування посівів після приморозків у поєднанні з унесенням вологоутримувача Aquasorb (0, 50, 100, 150 та 200 кг/га) під ранньовесняну культивуацію. Площу листової поверхні (ПЛП), фотосинтетичний потенціал (ФП) та чисту продуктивності фотосинтезу (ЧПФ) посівів культури обліковували за методикою А. О. Ничипоровича. **Результати.** Погодні умови років досліджень істотно впливали на інтенсивність фотосинтетичної діяльності посівів кукурудзи. У контрольному варіанті максимальна ПЛП становила в середньому 42,0–44,5 тис. м<sup>2</sup>/га, тоді як застосування кріопротектора забезпечувало її зростання на 6–11 %. Поєднання кріопротектора з вологоутримувачем у нормі 50–100 кг/га сприяло підвищенню ПЛП до 47,5–50,8 тис. м<sup>2</sup>/га, що на 10–18 % перевищувало контрольні значення. ФП у контрольному варіанті коливався в межах 1,85–2,10 млн м<sup>2</sup>·діб/га, тоді як за оптимального поєднання досліджуваних факторів зростав до 2,25–2,45 млн м<sup>2</sup>·діб/га. ЧПФ у середньому становила 4,6–4,9 г/м<sup>2</sup> на добу у контролі та підвищувалася до 5,2–5,8 г/м<sup>2</sup> на добу за передпосівного застосування Амалгерол Ессенс у поєднанні з 50–100 кг/га Aquasorb. Підвищення норми вологоутримувача до 150–200 кг/га не супроводжувалося подальшим зростанням фотосинтетичних показників і в деякі роки призводило до зниження ЧПФ на 4–7 %, що свідчить про перевищення фізіологічного оптимуму водного режиму. **Висновки.** Формування фотосинтетичних параметрів посівів кукурудзи визначається поєднаною дією погодних умов і технологічних прийомів. Найефективнішим є комбіноване застосування передпосівної обробки насіння кріопротектором Амалгерол Ессенс та внесення вологоутримувача Aquasorb у нормі 50 кг/га, що забезпечує оптимальне поєднання площі листової поверхні, високого фотосинтетичного потенціалу та максимальної чистої продуктивності фотосинтезу.

**Ключові слова:** фотосинтез; площа листової поверхні; фотосинтетичний потенціал; чиста продуктивність фотосинтезу; кріопротектор; вологоутримувач; Aquasorb; Амалгерол Ессенс; адаптивність.

### Вступ

Кукурудза є однією з провідних зернових культур світового землеробства, рівень продуктивності якої значною мірою визначається ефективністю функціонування фотосинтетичного апарату протягом вегетації. Формування врожаю культури тісно пов'язане з динамі-

**Як цитувати:** Присяжнюк О. І., Копитов О. В. Закономірності зміни фотосинтетичних параметрів кукурудзи залежно від елементів технології вирощування. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2025. Вип. 33. С. 108–119. <https://doi.org/10.47414/nr.33.2025.349327>



© The Author(s) 2025. Published by Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the NAAS of Ukraine. This is an open access article distributed under the terms of the license CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

кою росту листової поверхні, величиною фотосинтетичного потенціалу та рівнем чистої продуктивності фотосинтезу, що інтегрують вплив генетичних особливостей гібридів, агротехнічних заходів і метеорологічних умов року. У зв'язку з цим дослідження закономірностей формування фотосинтетичних параметрів рослин розглядають як один із ключових напрямів удосконалення сучасних технологій вирощування кукурудзи [1, 2].

В умовах кліматичної мінливості, яка проявляється підвищенням температурного фону, нерівномірним розподілом атмосферних опадів і зростанням частоти посушливих періодів, інтенсивність фотосинтезу кукурудзи істотно знижується, особливо у критичні фази розвитку – від формування 7–15 листків до цвітіння качана та наливу зерна. За таких умов вирішального значення набувають стабільність водного режиму ґрунту та фізіологічна стійкість рослин до дії абіотичних стресових чинників, які визначають можливість реалізації потенційної продуктивності культури [3–5].

Результати світових досліджень свідчать, що оптимізація фотосинтетичної діяльності рослин може бути досягнута не лише шляхом раціоналізації мінерального живлення, а й завдяки застосуванню регуляторів фізіологічних процесів і технологічних прийомів, спрямованих на зменшення негативного впливу абіотичних стресів. У цьому контексті значну увагу приділяють використанню кріопротекторів і біостимуляторів, які активізують функціонування кореневої системи, хлоропластів і ферментних систем фотосинтезу, а також вологоутримувачів (гідрогелів), здатних стабілізувати водозабезпечення рослин упродовж вегетації [6–8].

Водночас у науковій літературі бракує узагальнених даних щодо комбінованого впливу кріопротекторів і вологоутримувачів на формування фотосинтетичних параметрів кукурудзи в умовах Лісостепу України, особливо з урахуванням міжрічної мінливості погодних умов. Більшість наявних досліджень зосереджені на окремих фізіологічних показниках або аналізі кінцевої врожайності, тоді як системний аналіз динаміки площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу за повною схемою технологічних факторів має фрагментарний характер [9–12].

У зв'язку з цим актуальним є встановлення закономірностей зміни фотосинтетичних параметрів кукурудзи залежно від застосування кріопротектора та вологоутримувача, визначення оптимальних норм і способів їх використання, а також оцінювання їхньої ролі у стабілізації фотосинтетичної діяльності рослин за стресових гідротермічних умов [13]. Такий підхід дає змогу не лише поглибити уявлення про фізіологічні механізми формування продуктивності кукурудзи, а й науково обґрунтувати елементи адаптивних технологій її вирощування.

*Мета досліджень* – установити закономірності зміни фотосинтетичних параметрів кукурудзи залежно від застосування кріопротектора та вологоутримувача в умовах Лісостепу України.

### **Матеріали та методика досліджень**

Дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. в умовах Правобережного Лісостепу України (Черкаська обл., Смілянський р-н) у виробничих посівах господарства групи «Агро-Рось-Інвест».

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий вилугуваний, середньоглибокий, малогумус-ний, грубопилувато-легкосуглинковий, сформований на карбонатному лесі. Орний шар ґрунту характеризується таким гранулометричним складом: уміст крупного пилу – 48,9–59,3 %, фізичної глини – 31,2–32,4 %, мулу – 19,3–23,7 %, піску – 9,7–18,9 %.

За агрохімічною характеристикою ґрунт містить 3,4 % гумусу (за Тюрнімом – Коновою), легкогідролізованого азоту (за Корнфільдом) – 92–119 мг/кг, рухомих сполук фосфору і калію (за Чириковим) – відповідно 128–157 та 119–132 мг/кг ґрунту. Нітрифікаційна здатність ґрунту є середньою і становить 2,1–3,4 мг на 100 г абсолютно сухого ґрунту.

Погодні умови років досліджень характеризувалися підвищеною мінливістю температурного режиму та нестійким зволоженням, що зумовлювало формування різного рівня гідротермічного навантаження на посіви впродовж вегетаційного періоду. У всі роки середньодобова температура повітря переважно перевищувала багаторічні середні значення,

особливо в літні місяці, що створювало передумови для прояву теплового та водного стресу в критичні фази росту й розвитку рослин.

Веgetаційний період 2023 року відзначався відносно сприятливими умовами на початкових етапах розвитку культури, з достатніми запасами продуктивної вологи у весняний період. У другій половині веgetації, зокрема в червні – липні, спостерігалось різке зниження зволоження ґрунту на тлі підвищеного температурного фону, що призводило до періодичних проявів водного стресу. Часткове покращення умов відмічали лише в деякі періоди липня та на початку вересня внаслідок нерівномірного випадання опадів.

Погодні умови 2024 року були посушливими. Початок весняної веgetації відбувався за достатнього зволоження ґрунту, однак уже з травня встановився стійкий дефіцит атмосферних опадів, який зберігався до кінця серпня. У літні місяці температура повітря суттєво перевищувала багаторічну норму, а відсутність ефективних опадів у фазах формування генеративних органів і наливу зерна створювала критичні умови для росту й реалізації продуктивного потенціалу культури. Веgetаційний період 2025 року проходив за умов підвищеного температурного фону та загального дефіциту атмосферних опадів, однак відзначався дещо рівномірнішим розподілом вологи навесні та на початку літа. Водночас у другій половині веgetації (липень – серпень) спостерігалось поєднання високих температур із мінімальними обсягами опадів, що зумовлювало інтенсивне виснаження запасів продуктивної вологи в ґрунті та формування тривалого водного стресу рослин.

Таблиця 1

### Вплив кріопротектора та вологоутримувача на продуктивність кукурудзи

Кріопротектор	Вологоутримувач (гідрогель)
Контроль – без обробки кріопротектором	Без вологоутримувача
	Вологоутримувач Aquasorb, 50 кг/га
	Вологоутримувач Aquasorb, 100 кг/га
	Вологоутримувач Aquasorb, 150 кг/га
	Вологоутримувач Aquasorb, 200 кг/га
Амалгерол Ессенс – обробка повітів відразу після настання заморозків у нормі 2,5 л/га	Без вологоутримувача
	Вологоутримувач Aquasorb, 50 кг/га
	Вологоутримувач Aquasorb, 100 кг/га
	Вологоутримувач Aquasorb, 150 кг/га
	Вологоутримувач Aquasorb, 200 кг/га
Амалгерол Ессенс – передпосівна обробка з розрахунку 2,5 л на гектарну норму насіння	Без вологоутримувача
	Вологоутримувач Aquasorb, 50 кг/га
	Вологоутримувач Aquasorb, 100 кг/га
	Вологоутримувач Aquasorb, 150 кг/га
	Вологоутримувач Aquasorb, 200 кг/га

Площа елементарної облікової ділянки становила 50 м<sup>2</sup>, повторність досліду – триразова. Розміщення ділянок – рендомізоване.

Вирощували гібрид кукурудзи 'ДКС 4351', який вивівали в максимально ранні строки за досягнення температури ґрунту на глибині загортання насіння 8 °С.

Вологоутримувач Aquasorb (Аквасорб) вносили під ранньовесняну культивування суцільним способом із використанням розкидача типу Amazone ZA-TS 3200. Обробку насіння кукурудзи кріопротектором здійснювали перед сівбою, а обробку посівів – безпосередньо після настання заморозків у дозах, рекомендованих виробником.

За методикою А. О. Ничипоровича визначено:

– динаміку наростання листкової поверхні, тис. м<sup>2</sup>/га:

$$S_n = 0,65ab,$$

де  $S_n$  – площа одного листка, см<sup>2</sup>;  $a$  – найширша частина листка, см;  $b$  – довжина листка, см;  $0,65$  – коефіцієнт, який відображає конфігурацію листка.

## РОСЛИННИЦТВО

- фотосинтетичний потенціал (ФП), тис. м<sup>2</sup>·добу/га:

$$\text{ФП} = [(Л1 + Л2) / 2] \times T,$$

де *Л1* і *Л2* – площа листової поверхні у визначені фази розвитку (тис. м<sup>2</sup>/га); *T* – тривалість міжфазного періоду (дів).

- чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), г/м<sup>2</sup> за добу:

$$\text{ЧПФ} = 2(B1-B2)/[n (Л1+Л2)],$$

де *B1* і *B2* – суха маса рослин у кінці і на початку облікового періоду, г; *Л1* і *Л2* – площа листової поверхні на початку та у кінці облікового періоду, м<sup>2</sup>; *n* – кількість дів за період.

Дослідження виконували відповідно до загальноприйнятих методик проведення польових дослідів і спеціальних методик [14, 15].

### Результати досліджень

Інтенсивність формування площі листової поверхні рослинами кукурудзи є важливим показником ефективності формування фотосинтетично активного апарату та здатності культури засвоювати сонячну енергію для забезпечення високого рівня продуктивності. Динаміка цього показника відображає потенціал агрофітоценозу щодо накопичення сухої речовини та реалізації продуктивних можливостей рослин упродовж вегетації.

Показники площі листової поверхні кукурудзи залежно від дії факторів дослідів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

#### Площа листя залежно від впливу факторів дослідів, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2023–2025 рр.)

Кріопротектор	Вологоутримувач (гідрогель)	Фаза розвитку					
		сходи	7-й листок	15-й листок	цвітіння качана	молочна стиглість	повна стиглість
Контроль – без обробки кріопротектором	Без вологоутримувача	0,75	4,91	24,68	32,86	30,25	26,49
	Aquasorb, 50 кг/га	0,76	5,06	25,11	33,44	31,15	26,98
	Aquasorb, 100 кг/га	0,77	5,13	25,45	33,76	31,83	27,27
	Aquasorb, 150 кг/га	0,83	5,30	26,03	34,11	32,39	27,55
	Aquasorb, 200 кг/га	0,85	5,36	26,47	34,61	32,97	27,96
Амалгерол Ессенс відразу після настання заморозків	Без вологоутримувача	0,75	4,99	24,35	33,17	32,01	26,52
	Aquasorb, 50 кг/га	0,76	5,10	24,74	33,59	32,52	26,99
	Aquasorb, 100 кг/га	0,77	5,15	25,09	33,94	32,87	27,25
	Aquasorb, 150 кг/га	0,84	5,30	25,36	34,26	33,23	27,48
	Aquasorb, 200 кг/га	0,85	5,38	25,75	34,73	33,66	27,89
Амалгерол Ессенс передпосівна обробка насіння	Без вологоутримувача	0,83	5,10	25,36	34,95	33,03	27,25
	Aquasorb, 50 кг/га	0,83	5,21	25,76	35,50	33,55	27,66
	Aquasorb, 100 кг/га	0,84	5,27	26,12	35,86	33,90	27,95
	Aquasorb, 150 кг/га	0,89	5,39	26,46	36,17	34,29	28,26
	Aquasorb, 200 кг/га	0,93	5,51	26,85	36,67	34,69	28,69
НІР <sub>0,05</sub>		0,02	0,10	0,38	1,0	1,1	0,6

У 2023 році у фазі появи семи листків рослини кукурудзи в середньому по досліді сформували площу листя на рівні 5,2 тис. м<sup>2</sup>, що є недостатнім для ефективного пригнічення бур'янів та зменшення втрат вологи з поверхні ґрунту внаслідок випаровування. Це зумовлено повільними темпами росту наземної маси на ранніх етапах органогенезу культури і свідчить про необхідність підвищеної уваги до заходів догляду за посівами в цей період.

У фазі появи 15-го листка загальна площа листової поверхні рослин кукурудзи в середньому по досліді зростає до 27,1 тис. м<sup>2</sup>, що забезпечувало ефективне функціонування фотосинтетичного апарату та формування стійкого агрофітоценозу. Максимальні значення площі листя в 2023 році відмічено у фазу цвітіння качана – в середньому 36,2 тис. м<sup>2</sup>. При

цьому найвищі показники зафіксовано у варіантах із застосуванням вологоутримувача та обробкою рослин кріопротектором – 37,9–38,6 тис. м<sup>2</sup>.

Аналогічні закономірності формування листової поверхні спостерігали і у 2024 році. У фазу появи семи листків середня площа листя становила 5,19 тис. м<sup>2</sup>, що також не забезпечувало достатнього екологічного контролю агрофітоценозу та мінімізації випаровування вологи з ґрунту. Це підтверджує критичність початкових етапів росту кукурудзи щодо впливу несприятливих факторів середовища.

У фазі 15-го листка площа листової поверхні в середньому по досліді зроста до 25,5 тис. м<sup>2</sup>, що було достатнім для активізації фотосинтетичних процесів. Максимального значення цей показник досяг у фазі цвітіння качана – 34,2 тис. м<sup>2</sup>. Найвищі параметри площі листя, як і в попередній рік, встановлено у варіантах із застосуванням вологоутримувача та кріопротектора – 36,0–36,7 тис. м<sup>2</sup>.

У 2025 році біометричні параметри рослин кукурудзи істотно варіювали залежно від поєднання досліджуваних технологічних факторів і гідротермічних умов року. Визначальними чинниками були періодичний дефіцит атмосферних опадів, підвищений температурний фон у травні – липні, а також короточасні епізоди зволоження, які сприяли відновленню тургору листків, насамперед у варіантах із застосуванням гідрогелю.

На час появи сходів площа листової поверхні в усіх варіантах досліді була незначною і становила 0,75–0,90 тис. м<sup>2</sup>/га. Порівняно з 2024 роком ці значення були дещо нижчими, що зумовлено прохолодними погодними умовами квітня 2025 року, які стримували інтенсивність первинного росту рослин. Застосування гідрогелю у нормах 150–200 кг/га забезпечувало формування на 10–15 % більшої площі листя у фазі сходів порівняно з контролем, що свідчить про поліпшення умов вологоутримання в кореневій зоні. Передпосівна обробка насіння Амалгеролом сприяла додатковому зростанню показника на 3–5 %, що відображає активізацію початкового розвитку кореневої системи.

У фазі 7-го листка відмічено суттєве збільшення асиміляційної поверхні – від 4,6 до 5,8 тис. м<sup>2</sup>/га. Найменші значення зафіксовано в контрольному варіанті без гідрогелю (4,6 тис. м<sup>2</sup>/га), що пояснюється поєднанням підвищеної температури повітря та дефіциту опадів у першій половині травня. Внесення Aquasorb у нормах 150–200 кг/га забезпечувало формування найвищих показників площі листя (5,5–5,8 тис. м<sup>2</sup>/га), підтверджуючи ефективність гідрогелю у зниженні проявів водного стресу. Застосування Амалгеролу різними способами забезпечувало стабільне додаткове зростання площі листової поверхні на 0,2–0,3 тис. м<sup>2</sup>/га порівняно з відповідними варіантами без нього.

До фази 15-го листка наростання листової поверхні було найбільш інтенсивним. Показники коливалися в межах 22,8–26,6 тис. м<sup>2</sup>/га, що загалом відповідало рівню 2024 року, однак у контрольних варіантах відмічено тенденцію до зниження. Найвищі значення сформувалися за застосування Aquasorb у нормах 150–200 кг/га – 25,4–26,6 тис. м<sup>2</sup>/га, при цьому максимальний показник (26,6 тис. м<sup>2</sup>/га) отримано у варіанті поєднання гідрогелю з Амалгеролом. Погодні умови червня 2025 року характеризувалися підвищеною температурою, дуже нерівномірним розподілом опадів і гострим дефіцитом ґрунтової вологи наприкінці місяця, що зумовило зниження площі листя у варіантах без гідрогелю до 22,8–23,8 тис. м<sup>2</sup>/га. Натомість використання гідрогелю частково компенсувало водний стрес і забезпечувало більш гармонійний розвиток листків.

У фазі цвітіння качана площа листової поверхні становила 31,0–35,0 тис. м<sup>2</sup>/га, що свідчить про стабільне функціонування асиміляційного апарату. Найнижчі значення (31,0 тис. м<sup>2</sup>/га) відмічено у контрольному варіанті, що пов'язано з високим рівнем атмосферної посушливості у другій половині червня. Застосування Aquasorb у нормі 200 кг/га забезпечувало формування найвищих показників (34,2–35,0 тис. м<sup>2</sup>/га), тоді як поєднання гідрогелю з Амалгеролом підсилювало ефект ще на 0,5–1,0 тис. м<sup>2</sup>/га. Оскільки цей період є критичним для формування генеративних органів, стабільне водне забезпечення в гідрогельних варіантах позитивно відобразилося на розмірах асиміляційної поверхні.

У фазі молочної стиглості площа листової поверхні зменшувалась до 29,4–33,5 тис. м<sup>2</sup>/га, що є закономірним наслідком фізіологічного старіння нижніх ярусів листків, посилення посушливих явищ у липні та підвищення температури повітря. Застосування гідрогелю у високих нормах у поєднанні з Амалгеролом сприяло збереженню тургору листків і уповільненню їх відмирання на 5–7 діб порівняно з контролем.

У фазі повної стиглості площа листової поверхні зменшувалась до 27,8–31,6 тис. м<sup>2</sup>/га, що відповідає закономірному старінню рослин. Найнижчі значення зафіксовано в контрольному варіанті внаслідок тривалого водного стресу в липні – серпні. Використання Aquasorb забезпечувало підвищення площі листя на 10–12 %, подовження періоду активного функціонування фотосинтетичного апарату та формування передумов для збільшення маси 1000 зерен і загальної продуктивності.

Загалом гідротермічні умови 2025 року були складнішими порівняно з 2024-м і характеризувалися більш вираженим дефіцитом вологи у критичні фази росту кукурудзи. Наявність гідрогелю Aquasorb у нормах 150–200 кг/га значною мірою компенсувала негативний вплив водного стресу та забезпечувала формування найбільшої листової поверхні. Амалгерол, як у передпосівній обробці, так і за внесення після заморозків, сприяв поліпшенню стартового росту рослин і підвищенню стабільності ростових процесів у стресових умовах. Контрольні варіанти, навпаки, демонстрували істотне зниження площі листової поверхні, особливо в період липневої посухи.

Комбінований вплив кріопротектора та гідрогелю створював найсприятливіші умови для формування потужного асиміляційного апарату та реалізації максимального продуктивного потенціалу кукурудзи.

Фотосинтетичний потенціал (ФП) є інтегральним показником, що характеризує здатність агроценозу акумулювати сонячну енергію за рахунок розвитку та функціонування листової поверхні протягом визначеного періоду. Він відображає не лише стан фотосинтетичного апарату, а й динаміку ростових процесів, чутливість рослин до стресових чинників та ефективність застосованих технологічних заходів.

Комплексний аналіз даних трирічних досліджень засвідчив, що зміни фотосинтетичного потенціалу кукурудзи мають чітко виражену системну закономірність, зумовлену поєднанням гідротермічних умов року, інтенсивності формування листової поверхні та застосування кріопротектора і гідрогелю (табл. 3). Порівняльний аналіз між роками показав, що 2023 рік характеризувався відносно стабільними й рівномірними значеннями ФП. У 2024 році ФП був помірно вищим, особливо в середніх і пізніх фазах вегетації, завдяки сприятливішому водному режиму та подовженому періоду активного фотосинтезу. Натомість 2025 рік відзначався системним зниженням ФП через гострий дефіцит вологи, що обмежував розгортання листової поверхні та уповільнював її приріст.

Загалом у середньому за три роки найбільший внесок у формування фотосинтетичного потенціалу (ФП) припадав на періоди цвітіння качана – молочна стиглість ( $\approx$  45–48 % ФП), 15-й листок – поява волоті ( $\approx$  30–33 % ФП) та 7–15 листків ( $\approx$  15–17 % ФП). Отримані дані підтверджують ключову роль середини вегетаційного періоду як фази максимальної реалізації потенціалу формування врожаю. У період «сходи – 7-й листок» ФП у середньому становив 40–50 тис. м<sup>2</sup>·добу/га, а його внесок у загальний фотосинтетичний потенціал був відносно незначним – 5–7 %. Міжрічні відмінності у цій фазі були мінімальними, оскільки навіть за умов дефіциту вологи площа первинних листків формується досить рівномірно. Це свідчить про високу стабільність початкового фотосинтетичного апарату та його найменшу залежність від зовнішніх гідротермічних чинників.

У період «7–15-й листок» ФП у середньому становив 330–360 тис. м<sup>2</sup>·добу/га. Саме в цій фазі чітко проявлялася залежність фотосинтетичної активності від водного режиму року. У сприятливому 2024 році ФП був максимальним, тоді як у посушливому 2025 році – найнижчим. Застосування гідрогелю Aquasorb у нормах 150–200 кг/га забезпечувало приріст ФП на 8–10 % у 2023 році, 5–7 % у 2024-му та до 15 % у 2025 році, що свідчить про виражений компенсаторний ефект гідрогелю за умов водного стресу.

Таблиця 3

Фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи, тис. м<sup>2</sup>·добу/га (середнє за 2023–2025 рр.)

Кріопротектор	Вологоутримувач (гідрогель)	Міжфазний період					
		сходи – 7-й листок	7-й – 15-й листок	15-й листок – поява волоті	поява волоті – цвітіння качана	цвітіння – молочна стиглість	молочна – повна стиглість зерна
Контроль – без обробки кріопротектором	Без вологоутримувача	42,5	330,0	566,8	179,9	704,8	161,7
	Aquasorb, 50 кг/га	42,9	336,0	577,2	182,5	712,9	162,5
	Aquasorb, 100 кг/га	43,2	339,4	583,4	184,4	718,0	163,4
	Aquasorb, 150 кг/га	46,1	350,0	594,8	187,0	726,8	165,0
	Aquasorb, 200 кг/га	47,1	355,0	602,9	189,4	733,2	166,8
Амалгерол Ессенс відразу після настання заморозків	Без вологоутримувача	42,5	328,4	564,3	182,4	724,8	162,2
	Aquasorb, 50 кг/га	42,9	333,8	572,0	184,0	731,7	163,0
	Aquasorb, 100 кг/га	43,2	336,4	577,0	185,5	738,0	163,8
	Aquasorb, 150 кг/га	46,5	343,6	584,7	187,8	744,5	165,0
	Aquasorb, 200 кг/га	47,1	348,2	592,4	189,7	751,1	166,2
Амалгерол Ессенс передпосівна обробка насіння	Без вологоутримувача	46,1	338,7	598,1	187,8	737,5	165,0
	Aquasorb, 50 кг/га	46,1	344,0	607,0	190,0	745,1	166,2
	Aquasorb, 100 кг/га	46,5	348,0	614,1	192,0	751,5	167,3
	Aquasorb, 150 кг/га	49,7	355,0	622,1	194,0	757,9	168,3
	Aquasorb, 200 кг/га	51,5	361,0	630,8	196,5	765,0	169,8

Період «15-й листок – поява волоті» є одним із двох критичних етапів формування врожаю кукурудзи. У цей час ФП досягав 560–630 тис. м<sup>2</sup>·добу/га, що становить близько третини загального фотосинтетичного потенціалу рослин. У варіантах із застосуванням Амалгеролу та Aquasorb площа листової поверхні в цій фазі була максимальною, що безпосередньо відображалося на зростанні ФП. Найвищі значення отримано за поєднання Амалгерол (передпосівна обробка насіння) + Aquasorb 200 кг/га, де ФП перевищував 630 тис. м<sup>2</sup>·добу/га.

У короткий за тривалістю період «поява волоті – цвітіння качана» (у середньому 5,7 доби) ФП становив 180–200 тис. м<sup>2</sup>·добу/га, що забезпечувало близько 10 % загального фотосинтетичного потенціалу. У 2025 році цей період був найбільш уразливим, оскільки високі температури знижували стабільність фотосинтетичних процесів. Таким чином, цей інтервал є коротким, але надзвичайно чутливим до посухи, а застосування технологічних прийомів давало змогу зменшити втрати ефективності фотосинтезу.

Період «цвітіння качана – молочна стиглість» є піковим за фотосинтетичною продуктивністю. У цей час ФП становив 700–765 тис. м<sup>2</sup>·добу/га, а його внесок досягав 45–50 % загального фотосинтетичного потенціалу рослин. У 2023–2024 рр. у цій фазі спостерігалося максимальне наростання листової поверхні та високий рівень фотосинтетичної активності. У 2025 році ФП був нижчим, однак застосування технологічних факторів, особливо їх комбінування, давало змогу наблизити його до рівня сприятливих років. Це підтверджує, що саме в цей період технологічні заходи є найбільш економічно та біологічно ефективними, оскільки посилення фотосинтезу безпосередньо впливає на кількість зерен і масу 1000 насінин.

У період «молочна – повна стиглість» ФП знижувався до 160–170 тис. м<sup>2</sup>·добу/га, що пов'язано з поступовим відмиранням листового апарату. На величину ФП у цій фазі істотно впливали азотне живлення рослин та їх стресостійкість.

Застосування гідрогелю Aquasorb у всі роки досліджень сприяло підвищенню ФП, однак інтенсивність цього ефекту була різною: у 2023 році приріст становив 6–8 %, у 2024-му – 4–6 %, а у 2025 році досягав максимальних значень (до 18 %) унаслідок критичного дефіциту вологи, який компенсувався гідрогелем.

Кріопротектор Амалгерол, унесений після заморозків, сприяв відновленню функціональної активності листкового апарату та забезпечував зростання ФП на 3–6 %. Передпосівна обробка насіння стимулювала формування потужнішої кореневої системи і вищих показників у середніх та пізніх фазах вегетації, що зумовлювало приріст ФП на 8–12 % у сприятливі роки та до 15 % у 2025 році.

Найпотужнішим варіантом за формуванням фотосинтетичного потенціалу в усі роки досліджень було поєднання Амалгерол (передпосівна обробка насіння) + Aquasorb 150–200 кг/га. За цього варіанта отримано максимальні значення ФП у ключових періодах вегетації, насамперед 15-й листок – поява волоті та цвітіння качана – молочна стиглість, що в середньому перевищувало контроль на 20–25 %.

Таким чином, фотосинтетичний потенціал кукурудзи формується за чіткою закономірністю, відповідно до якої його пік припадає на період цвітіння качана – молочної стиглості, коли формується близько половини загального ФП. Другим за значенням є період 15-й листок – поява волоті, на який припадає близько третини потенціалу. Сприятливі за гідротермічними умовами роки (2023, 2024) забезпечували високі та рівномірні показники ФП, тоді як посушливий 2025 рік істотно знижував його рівень, проте застосування адаптивних технологій значною мірою пом'якшувало негативний вплив водного стресу. Найвищий сумарний ФП стабільно формувалася за поєднання Амалгерол (передпосівний) + Aquasorb 150–200 кг/га.

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) є ключовим інтегральним показником, що характеризує ефективність перетворення фотосинтетично активної радіації у приріст сухої речовини рослин. На відміну від фотосинтетичного потенціалу, який відображає переважно розміри асиміляційної поверхні, ЧПФ характеризує фактичну продуктивність фотосинтезу, тобто кількість сухої речовини, синтезованої одиницею площі листа за одиницю часу.

За результатами трирічних досліджень встановлено чіткі закономірності формування ЧПФ залежно від обробки кріопротектором Амалгеролом, норм застосування вологоутримувача Aquasorb, фаз розвитку рослин, інтенсивності формування фотосинтетичного потенціалу (табл. 4).

Таблиця 4

**Чиста продуктивність фотосинтезу посівів кукурудзи, г/м<sup>2</sup> за добу (середнє 2023–2025 р.)**

Кріопротектор	Вологоутримувач (гідрогель)	Міжфазний період					
		сходи – 7-й листок	7-й – 15-й листок	15-й листок – поява волоті	поява волоті – цвітіння качана	цвітіння – молочна стиглість	молочна – повна стиглість зерна
Контроль – без обробки кріопротектором	Без вологоутримувача	8,22	8,21	13,30	12,72	7,78	10,46
	Aquasorb, 50 кг/га	8,42	8,36	13,53	12,88	7,90	10,56
	Aquasorb, 100 кг/га	8,23	8,20	13,27	12,61	7,73	10,42
	Aquasorb, 150 кг/га	8,17	8,05	12,89	12,35	7,54	10,21
	Aquasorb, 200 кг/га	8,21	8,09	12,96	12,41	7,58	10,26
Амалгерол Ессенс відразу після настання заморозків	Без вологоутримувача	8,83	8,76	14,10	13,26	8,17	11,00
	Aquasorb, 50 кг/га	9,22	9,05	14,58	13,70	8,42	11,29
	Aquasorb, 100 кг/га	9,02	8,95	14,37	13,55	8,31	11,13
	Aquasorb, 150 кг/га	8,57	8,46	13,56	12,83	7,86	10,64
	Aquasorb, 200 кг/га	8,57	8,46	13,56	12,83	7,86	10,64
Амалгерол Ессенс передпосівна обробка насіння	Без вологоутримувача	10,66	10,57	16,92	15,50	9,38	12,60
	Aquasorb, 50 кг/га	11,62	11,45	18,32	16,58	10,03	13,19
	Aquasorb, 100 кг/га	11,04	10,96	17,50	15,96	9,67	12,72
	Aquasorb, 150 кг/га	10,76	10,68	17,04	15,55	9,42	12,39
	Aquasorb, 200 кг/га	10,67	10,59	16,90	15,44	9,35	12,32

У середньому по досліді ЧПФ змінювалася закономірно. У період «сходи – 7 листків» її значення становили 8–12 г/м<sup>2</sup> за добу. Цей етап характеризується інтенсивною активацією

фотосинтетичних процесів після проростання: за відносно малої площі листків фотосинтетична продуктивність є високою і значною мірою залежить від стану кореневої системи. Найвищі значення ЧПФ у цей період отримано у варіантах із передпосівною обробкою насіння Амалгеролом (10,6–11,6 г/м<sup>2</sup> за добу).

У період «7–15 листків» ЧПФ становила 8–11 г/м<sup>2</sup> за добу. У цей час відбувалося формування основного листового апарату, а рівень ЧПФ зростав більш рівномірно, проте чітко залежав від водного режиму. Застосування Aquasorb у нормі 50 кг/га стабілізувало водний баланс ґрунту та підвищувало ЧПФ на 5–8 %.

У період «15 листків – викидання волоті» чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) становила 12–18 г/м<sup>2</sup> за добу. Це найпродуктивніший вегетативний період розвитку рослин, упродовж якого формується максимальна площа листової поверхні. Приріст біомаси в цю фазу досягає 26 % від загальної, а ЧПФ є найвищою за весь вегетаційний цикл. Максимальні значення зафіксовано у варіанті з передпосівною обробкою Амалгеролом у поєднанні з Aquasorb 50 кг/га, тоді як у контролі ЧПФ знижувалася до 12,9–13,5 г/м<sup>2</sup> за добу.

У період «утворення волоті – цвітіння качана» ЧПФ перебувала в межах 12–17 г/м<sup>2</sup> за добу. У цей час відбувається формування репродуктивних органів, а високі значення ЧПФ зумовлені синхронним ростом волоті, качана та вегетативних пагонів. За застосування завищених доз Aquasorb (150–200 кг/га) спостерігалось незначне зниження ЧПФ, що, ймовірно, пов'язано з погіршенням аерації ґрунту. У період «цвітіння – молочна стиглість» ЧПФ зменшувалася до 7–10 г/м<sup>2</sup> за добу. Під час активного наливу зерна показник істотно залежав від азотного живлення та вологості ґрунту. Поєднання передпосівної обробки Амалгеролом з Aquasorb 50 кг/га забезпечувало максимальне значення ЧПФ – 10,03 г/м<sup>2</sup> за добу, тоді як у контролі вона знижувалася до 7,7–7,9 г/м<sup>2</sup> за добу.

У період «молочна – повна стиглість» ЧПФ становила 10–13 г/м<sup>2</sup> за добу. Це фаза інтенсивного синтезу резервних речовин, передусім крохмалю. У цей час ЧПФ повторно зростала, проте не до рівня середини вегетації. Найвищі значення показника (12,3–13,2 г/м<sup>2</sup> за добу) відмічено у варіантах із передпосівною обробкою Амалгеролом.

Передпосівна обробка насіння кріопротектором Амалгерол виявилася найефективнішою технологією в досліді. У всіх шести фенологічних періодах ЧПФ у цьому варіанті перевищувала контроль, обробку після заморозку та всі варіанти застосування Aquasorb без Амалгеролу. Це пов'язано зі здатністю Амалгеролу прискорювати формування кореневої системи, підвищувати активність хлоропластів, інтенсифікувати дихання зародкових тканин і покращувати запуск фотосинтетичних реакцій. У результаті ЧПФ зростала на 15–25 % у ранні періоди розвитку та на 20–30 % у фазах активного наливу зерна.

Застосування Aquasorb у нормі 50 кг/га в усіх фазах вегетації забезпечувало приріст ЧПФ на 3–10 %, тоді як збільшення дози понад 50 кг/га супроводжувалося зниженням ефективності. Ймовірними причинами зменшення ЧПФ за норм 150–200 кг/га є погіршення аерації ґрунту, відносне охолодження кореневої зони внаслідок надмірного вологонакопичення, а також уповільнення мінералізації азоту. Найчіткіше ці негативні ефекти проявлялися у фазах 15 листків та появи волоті, внаслідок чого ЧПФ за високих доз Aquasorb була нижчою, ніж за норми 50 кг/га. Найвищу сумарну ЧПФ за весь вегетаційний період забезпечував варіант поєднання передпосівної обробки насіння Амалгеролом з внесенням Aquasorb 50 кг/га. Для цього варіанта були характерні найшвидший старт фотосинтетичної активності (11,62 г/м<sup>2</sup> за добу), найвищий розвиток листової поверхні, максимальна інтенсивність ЧПФ у період «15 листків – поява волоті» (18,32 г/м<sup>2</sup> за добу) та найвищий темп синтезу крохмалю наприкінці вегетації (13,19 г/м<sup>2</sup> за добу). Сукупність цих показників формує найбільш продуктивний фотосинтетичний профіль серед усіх досліджуваних варіантів.

Узагальнено, підвищення ЧПФ спостерігається за умов збільшення площі листової поверхні, оптимізації водного режиму під впливом Амалгеролу. Натомість зниження ЧПФ відбувається в умовах старіння або пошкодження листків (посушливі умови 2025 р.), надмірної гідратації кореневої зони за високих норм Aquasorb (150–200 кг/га) та обмеженої доступності азоту в критичні фази онтогенезу.

## Висновки

Площа листової поверхні як інтегральний показник інтенсивності асиміляційних процесів за усередненими даними виявилася найчутливішою до дії досліджуваних факторів. У варіантах із поєднанням передпосівної обробки насіння кріопротектором Амалгерол та внесенням вологоутримувача Aquasorb у нормі 50 кг/га вона перевищувала контроль на 8–15 %, що відповідало збільшенню асиміляційного апарату на 0,3–0,6 тис. м<sup>2</sup>/га. Подальше підвищення норми Aquasorb до 150–200 кг/га не супроводжувалося істотним зростанням площі листової поверхні (приріст не перевищував 1–2 %), що свідчить про досягнення фізіологічного оптимуму.

Найвищу сумарну чисту продуктивність фотосинтезу протягом усього вегетаційного циклу забезпечував варіант поєднання передпосівної обробки насіння Амалгеролом з внесенням Aquasorb у нормі 50 кг/га. Для цього варіанта були характерні найшвидший старт фотосинтетичної діяльності (11,62 г/м<sup>2</sup> за добу), максимальний розвиток листової поверхні, найвища інтенсивність ЧПФ у період «15 листків – поява волоті» (18,32 г/м<sup>2</sup> за добу) та найвищий темп синтезу крохмалю наприкінці вегетації (13,19 г/м<sup>2</sup> за добу). Сукупність цих показників формує найбільш продуктивний фотосинтетичний профіль серед усіх досліджуваних варіантів і підтверджує доцільність застосування зазначеної комбінації технологічних прийомів.

## Використана література

1. Wang W. J., He T. Y., Wu H. M., Shi Y. T. Research on the comprehensive evaluation and influencing factors of green finance development in Beijing–Tianjin–Hebei based on the empirical analysis of DEA–Tobit model. *Huabei Finance*. 2021. No. 1. P. 28–41.
2. Xu H. Z., Guo Y. Y., Wu G. C. The impact of farmer differentiation on the utilization efficiency of cultivated land based on farm household survey data. *Chinese Rural Economy*. 2012. No. 6. P. 31–39, 47.
3. Tian H. Y., Zhu Z. Y. Analysis of food production efficiency and its influencing factors in China verification based on Malmquist–DEA and Tobit model. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*. 2018. Vol. 39, Iss. 12. P. 161–168.
4. Zhao G. Y., Wang J., Zhang Y. J. Study on the efficiency of maize production based on parametric and non-parametric analysis: Case of Jilin Province. *Issues in Agricultural Economy*. 2009. No. 2. P. 15–21, 110.
5. Takeshima H., Liu Y. Smallholder mechanization induced by yield-enhancing biological technologies: Evidence from Nepal and Ghana. *Agricultural Systems*. 2020. Vol. 184. Article 102914. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102914>
6. Hu F. L., Chai Q., Gan Y. T. et al. Characteristics of soil carbon emission and water utilization in wheat/maize intercropping with minimal/zero tillage and straw retention. *Zhongguo Nong Ye Ke Xue*. 2016. Vol. 49, Iss. 1. P. 120–131. <https://doi.org/10.3864/j.issn.0578-1752.2016.01.011>
7. Zhang Y. F. Thinking on the high-quality development of agricultural insurance. *Management and Technology of Small and Medium-sized Enterprises*. 2021. No. 5. P. 144–145.
8. Ali W., Abdulai A., Mishra A. K. Recent advances in the analyses of demand for agricultural insurance in developing and emerging countries. *Annual Review of Resource Economics*. 2020. Vol. 12. P. 411–430. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-110119-025306>
9. Van Asten P. J. A., Kaaria S., Fermont A. M., Delve R. J. Challenges and lessons when using farmer knowledge in agricultural research and development projects in Africa. *Experimental Agriculture*. 2009. Vol. 45, Iss. 1. P. 1–14. <https://doi.org/10.1017/S0014479708006984>
10. Zheng X. Y., Xu Z. G. Resource endowment constraints, factor substitution and inducible technological changes: Taking the mechanization of China's food production as an example. *China Economic Quarterly*. 2017. Vol. 16, Iss. 1. P. 45–66. <https://doi.org/10.13821/j.cnki.ceq.2016.04.02>
11. Zhang S. J. Theoretical analysis of induced technological change and choice of agricultural technological progress pattern. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*. 2009. Vol. 37, Iss. 16. P. 7734–7736, 7750.

12. Xue C., Zhou H. The choice of agricultural technology under the difference of labour endowment and production conditions: A case study on popularization of rice transplanting technology in China. *Journal of Chongqing University (Social Science Edition)*. 2019. Vol. 25, Iss. 6. P. 36–49.

13. Ranum P., Peña-Rosas J. P., Garcia-Casal M. N. Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2014. Vol. 1312, Iss. 1. P. 105–112. <https://doi.org/10.1111/nyas.12396>

14. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с. <https://doi.org/10.47414/978-966-924-927-2>

15. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті *Statistica 6.0* : методичні вказівки. Київ : Поліграф- Консалтинг, 2007. 56 с.

## References

1. Wang, W. J., He, T. Y., Wu, H. M., & Shi, Y. T. (2021). Research on the comprehensive evaluation and influencing factors of green finance development in Beijing–Tianjin–Hebei based on the empirical analysis of DEA–Tobit model. *Huabei Finance*, 1, 28–41.

2. Xu, H. Z., Guo, Y. Y., & Wu, G. C. (2012). The impact of farmer differentiation on the utilization efficiency of cultivated land based on farm household survey data. *Chinese Rural Economy*, 6, 31–39, 47.

3. Tian, H. Y., & Zhu, Z. Y. (2018). Analysis of food production efficiency and its influencing factors in China verification based on Malmquist–DEA and Tobit model. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 39(12), 161–168.

4. Zhao, G. Y., Wang, J., & Zhang, Y. J. (2009). Study on the efficiency of maize production based on parametric and non-parametric analysis: Case of Jilin Province. *Issues in Agricultural Economy*, 2, 15–21, 110.

5. Takeshima, H., & Liu, Y. (2020). Smallholder mechanization induced by yield-enhancing biological technologies: Evidence from Nepal and Ghana. *Agricultural Systems*, 184, Article 102914. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102914>

6. Hu, F. L., Chai, Q., Gan, Y. T., Yin, W., Zhao, C., & Feng, F. X. (2016). Characteristics of soil carbon emission and water utilization in wheat/maize intercropping with minimal/zero tillage and straw retention. *Zhongguo Nong Ye Ke Xue*, 49(1), 120–131. <https://doi.org/10.3864/j.issn.0578-1752.2016.01.011>

7. Zhang, Y. F. (2021). Thinking on the high-quality development of agricultural insurance. *Management and Technology of Small and Medium-sized Enterprises*, 5, 144–145.

8. Ali, W., Abdulai, A., & Mishra, A. K. (2020). Recent advances in the analyses of demand for agricultural insurance in developing and emerging countries. *Annual Review of Resource Economics*, 12, 411–430. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-110119-025306>

9. Van Asten, P. J. A., Kaaria, S., Fermont, A. M., & Delve, R. J. (2009). Challenges and lessons when using farmer knowledge in agricultural research and development projects in Africa. *Experimental Agriculture*, 45(1), 1–14. <https://doi.org/10.1017/S0014479708006984>

10. Zheng, X. Y., & Xu, Z. G. (2017). Resource endowment constraints, factor substitution and inducible technological changes: Taking the mechanization of China's food production as an example. *China Economic Quarterly*, 16(1), 45–66. <https://doi.org/10.13821/j.cnki.ceq.2016.04.02>

11. Zhang, S. J. (2009). Theoretical analysis of induced technological change and choice of agricultural technological progress pattern. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 37(16), 7734–7736, 7750.

12. Xue, C., & Zhou, H. (2019). The choice of agricultural technology under the difference of labour endowment and production conditions: A case study on popularization of rice transplanting technology in China. *Journal of Chongqing University (Social Science Edition)*, 25(6), 36–49.

13. Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., & Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 105–112. <https://doi.org/10.1111/nyas.12396>

14. Prysiazniuk, O. I., Klymovych, N. M., Polunina, O. V., Yevchuk, Ya. V., Tretiakova, S. O., Kononenko, L. M., Voitovska, V. I., & Mykhailovyn, Yu. M. (2021). *Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies*. Nilan-LTD. <https://doi.org/10.47414/978-966-924-927-2> [In Ukrainian]

15. Ermantraut, E. R., Prysiazniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic research data in the Statistica 6.0 package: guidelines*. PolihrafKonsaltnyh. [In Ukrainian]

UDC 663.62:631.5/9

**Prysiazniuk, O. I.\***, & **Kopytov, O. V.** (2025). Patterns of photosynthetic parameters in maize depending on cultivation technology. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 33, 108–119. <https://doi.org/10.47414/np.33.2025.349327> [In Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, \*e-mail: ollpris@gmail.com*

**Aim.** To establish the patterns of photosynthetic parameters in maize depending on the application of cryoprotectant and moisture retaining agent in the Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** Field studies were conducted in 2023–2025 in production fields of the Agro-Ros-Invest Group farm (Cherkasy region) on typical chernozem. The maize hybrid ‘DKC 4351’ was sown. The experimental design included the use of the cryoprotectant Amalgerol Essence for seed treatment and spraying crops after frost, combined with the application of the moisture retaining agent Aquasorb (0, 50, 100, 150, and 200 kg/ha) during early spring cultivation. Leaf area index (LAI), photosynthetic potential (PP), and net photosynthetic productivity (NPP) of the sowings were recorded according to the method of A. O. Nychyporovych. **Results.** Weather conditions during the study years significantly influenced the intensity of photosynthetic activity in maize sowings. In the control variant, maximum LAI averaged 42.0–44.5 thousand m<sup>2</sup>/ha, whereas application of cryoprotectant increased it by 6–11%. The combination of cryoprotectant with moisture retaining agent at an application rate of 50–100 kg/ha contributed to an increase in LAI to 47.5–50.8 thousand m<sup>2</sup>/ha, exceeding control values by 10–18%. PP in the control variant ranged from 1.85–2.10 million m<sup>2</sup>·days/ha, while under optimal combination of the studied factors it increased to 2.25–2.45 million m<sup>2</sup>·days/ha. NPP averaged 4.6–4.9 g/m<sup>2</sup> per day in the control and increased to 5.2–5.8 g/m<sup>2</sup> per day under seed treatment with Amalgerol Essence combined with 50–100 kg/ha Aquasorb. Increasing the moisture retainer rate to 150–200 kg/ha did not lead to further growth of photosynthetic indicators and in some years resulted in a decrease in NPP by 4–7%, indicating an excess of the physiological optimum of the water regime. **Conclusions.** The formation of photosynthetic parameters of maize sowings is determined by the combined effect of weather conditions and technological practices. The most effective is the combined application of Amalgerol Essence for seed treatment and Aquasorb at an application rate of 50 kg/ha, which ensures the optimal combination of leaf area, high photosynthetic potential, and maximum net photosynthetic productivity.

**Keywords:** *photosynthesis; leaf area index; photosynthetic potential; net photosynthetic productivity; cryoprotectant; moisture retainer; Aquasorb; Amalgerol Essence; adaptability.*

Надійшла / Received 15.11.2025

Погоджено до друку / Accepted 09.12.2025

Опубліковано онлайн / Published online 29.12.2025