

DOI: 10.32636/01308521.2026-(80)-1-6

Оригінальна наукова стаття

УДК 631.547:581.132.1:633.15

**ФОРМУВАННЯ АСИМІЛЯЦІЙНОЇ ПОВЕРХНІ
ТА НАКОПИЧЕННЯ ВМІСТУ ХЛОРОФІЛІВ «А» ТА «В»
У РОСЛИН КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД АЗОТНИХ ДОБРИВ****Р. В. Говенько¹, Т. В. Антал²**

¹Відокремлений структурний підрозділ «Роменський фаховий коледж Сумського національного аграрного університету»

вул. Героїв Роменичини, 56А,
м. Ромни, Сумська обл., 42001

²Національний університет біоресурсів і природокористування України

вул. Героїв Оборони, 14, м. Київ,
03041

Про авторів:

Роман ГОВЕНЬКО,
доктор філософії (PhD)
ORCID: 0000-0002-9702-0301

Тетяна АНТАЛ,
кандидат сільськогосподарських наук
ORCID: 0000-0002-6225-9347

Для листування:

Тетяна АНТАЛ
e-mail: taniantal@ukr.net

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних наук України

Отримано:

12 травня 2026 р.

Погоджено до друку:

7 вересня 2026 р.

Опубліковано:

30 вересня 2026 р.

У статті наведено результати досліджень площі листової поверхні посівів кукурудзи та накопичення хлорофілу в її листках залежно від умов вирощування, фаз росту та розвитку культури. Вирішальну роль у цьому процесі відіграє асиміляційна поверхня, представлена листовим апаратом, який забезпечує поглинання сонячної енергії та синтез органічних речовин. Доведено, що площа листової поверхні є одним із ключових показників продуктивності посівів, оскільки визначає інтенсивність фотосинтетичних процесів. Встановлено, що серед досліджуваних гібридів вищі показники площі листової поверхні формував гібрид ЕС Конкорд (46,5 тис. м²/га) у фазу викидання волоті (ВВСН 51-59) за внесення Діамофоски (N₂₂P₅₇K₅₇) + КАС 32, що свідчить про його вищий генетичний потенціал порівняно з гібридом ЕС Астероїд. Досліджено динаміку накопичення хлорофілів «а» і «b» у листках рослин кукурудзи та визначено їх співвідношення залежно від виду азотних добрив. Виявлено, що максимальне значення сумарного вмісту хлорофілів «а» і «b» зафіксовано у гібрида ЕС Конкорд (35,7 мг/г) за варіанту Діамофоска (N₂₂P₅₇K₅₇) + КАС 32 порівняно з контрольним варіантом.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, фенологічна фаза, удобрення, види азотних добрив, площа листової поверхні, хлорофіл.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

© Говенько Р. В., Антал Т. В., 2026

Formation of assimilation surface and accumulation of chlorophyll «a» and «b» in maize plants depending on phenological development stages

¹Separate Structural Subdivision
«Romny Professional College of
Sumy National Agrarian University»
56A Heroiv Romenshchyny St.,
Romny, Sumy Region, 42001

²National University of Life and
Environmental Sciences of Ukraine
14 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041

About authors:

Roman HOVENKO
ORCID: 0000-0002-9702-0301

Tatiana ANTAL
ORCID: 0000-0002-6225-9347

Corresponding author:

Tatiana ANTAL
e-mail: taniantal@ukr.net

Funding information:

National Academy of Agrarian
Sciences of Ukraine

Received:
May 12, 2026
Accepted:
September 7, 2026
Published:
September 30, 2026

The article presents the results of studies on the leaf surface area of maize crops and the accumulation of chlorophyll in maize leaves as influenced by cultivation conditions, as well as the growth and developmental stages of the crop. A decisive role in this process is played by the assimilation surface, represented by the leaf system, which ensures the absorption of solar energy and the synthesis of organic compounds. It has been demonstrated that leaf surface area is one of the key indicators of crop productivity, as it determines the intensity of photosynthetic processes. It was established that among the studied hybrids, were recorded for the ES Concord hybrid, reaching $46.5 \times 10^3 \text{ m}^2/\text{ha}$ at the tasseling stage (BBCH 51-59) under the application of Diamofoska ($\text{N}_{22}\text{P}_{57}\text{K}_{57}$) + UAN-32 (urea-ammonium nitrate), indicating its higher genetic potential compared to the hybrid ES Asteroid. The dynamics of *chlorophyll a* i *chlorophyll b* accumulation in maize leaves were investigated, and their ratio was determined depending on the type of nitrogen fertilizers applied. It was found that the maximum total *chlorophyll (a + b)* content was recorded in the ES Concord hybrid – 35.7 mg/g under the Diamofoska ($\text{N}_{22}\text{P}_{57}\text{K}_{57}$) + CAS 32 treatment, compared with the control.

Keywords: maize, hybrid, phenological stage, fertilization, nitrogen fertilizer types, leaf surface area, chlorophyll.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Кукурудза (*Zea mays* L.) залишається стратегічною зерновою культурою для України завдяки високому експортному потенціалу та врожайності. Її вирощують практично в усіх регіонах України, незалежно від кліматичних умов і розмірів господарств [23].

Високий продуктивний потенціал кукурудзи зумовлює її широке використання у різних галузях аграрного виробництва. Водночас рівень реалізації генетичного потенціалу гібридів значною мірою залежить від умов вирощування та ефективності перебігу фізіолого-біохімічних процесів у рослинах [1].

Формування асиміляційної поверхні та функціонування фотосинтетичного апарату є ключовими чинниками продуктивності рослин кукурудзи. У

сучасних дослідженнях значна увага приділяється взаємозв'язку між площею листової поверхні, інтенсивністю фотосинтезу та накопиченням пігментів, зокрема хлорофілів «a» і «b», які визначають ефективність поглинання світлової енергії [4, 24].

Кукурудза є однією з найбільш продуктивних зернових культур, рівень урожайності якої значною мірою визначається ефективністю фотосинтетичної діяльності посівів. Важливу роль у формуванні врожаю кукурудзи відіграє асиміляційна поверхня рослин, тобто листовий апарат, а також вміст фотосинтетичних пігментів – хлорофілів «a» і «b», які забезпечують поглинання і трансформацію світлової енергії.

Особливої актуальності набуває вивчення динаміки формування асиміляційної поверхні та вмісту хлорофілу в різні фенологічні фази розвитку рослин кукурудзи. Відомо, що найбільш інтенсивний розвиток листкового апарату і максимальний вміст хлорофілу спостерігаються у період викидання волоті – цвітіння, тоді як на початкових етапах ці показники обмежені, а в період досягання – знижуються внаслідок старіння листків і перерозподілу пластичних речовин. В умовах змін клімату, дефіциту вологи та необхідності підвищення ефективності використання ресурсів важливим є встановлення закономірностей формування фотосинтетичного апарату кукурудзи [10]. Тому дослідження особливостей формування асиміляційної поверхні та накопичення хлорофілів «а» і «b» у рослин кукурудзи залежно від фенологічних фаз розвитку є актуальним науковим і практичним завданням, що дозволяє науково обґрунтувати елементи технології вирощування, підвищити ефективність використання ресурсів і забезпечити стабільне зростання врожайності культури.

Вченими доведено, що у формуванні площі листкової поверхні важливу роль відіграють агротехнічні заходи, зокрема норма висіву, рівень мінерального живлення та забезпечення вологою. Поєднання цих факторів сприяє створенню оптимальної структури агроценозу, що, своєю чергою, забезпечує підвищення інтенсивності фотосинтезу [8, 9].

Надмірне загущення посівів призводить до затінення листків, зниження фотосинтетичної активності та передчасного відмирання нижніх ярусів [15, 22].

Асиміляційна поверхня кукурудзи формується впродовж усього вегетаційного періоду і залежить від генотипу, густоти стояння рослин, рівня мінерального живлення та умов вирощування [11].

Науковці В. А. Мокрієнко, Я. А. Приндюк вважають, що максимальне значення площі листкової поверхні

досягається у період інтенсивного вегетативного росту – від фази 8–10 листків до викидання волоті. Саме в цей період формується основний фотосинтетичний потенціал посівів [15]. Площа листкової поверхні залежить від кліматичних умов року та забезпеченості рослин мікро- та макроелементами [2]. За результатами досліджень М. В. Степаненко та ін. встановлено, що внесення азотних добрив N_{40} перед сівбою у поєднанні з мікродобривом забезпечує найбільшу площу листкової поверхні у фазу молочної стиглості – 41,35 тис. $m^2/га$, а у фазу повної стиглості зерна – 37,60 тис. $m^2/га$ [7, 20].

Згідно з дослідженнями В. А. Мазура, В. Д. Паламарчука та ін., площа листкової поверхні за використання комплексу обробки насіння Поліміксобактерином та обробки посівів Мікро-Мінераліс (кукурудза) + Стимпо у фазу 12 листків становила 28,3 тис. $m^2/га$, а у фазу цвітіння була найвищою – 49,5 тис. $m^2/га$ [12, 17].

Не менш важливим показником є хлорофіл – біологічно активний пігмент, що визначає перебіг фотосинтетичних процесів у рослинах. Саме хлорофіл забезпечує поглинання світлової енергії та її перетворення на хімічну, що лежить в основі формування органічної речовини та продуктивності агроценозів. Найбільш поширеними формами є хлорофіли «а» і «b», які відрізняються спектрами поглинання світла та функціонально доповнюють один одного у процесі фотосинтезу [19].

У рослин кукурудзи рівень накопичення хлорофілу змінюється залежно від фенологічних фаз розвитку, умов вирощування та рівня мінерального живлення. Максимальні значення вмісту хлорофілу зазвичай спостерігаються у період активного росту і формування генеративних органів, тоді як у фазі досягання відбувається його поступове зниження внаслідок старіння листкового апарату.

В. Д. Паламарчук стверджує, що вміст хлорофілу в гібридах кукурудзи істотно залежить від їхніх біологічних

особливостей. Гібриди кукурудзи середньоранньої групи по-різному різному реагують на позакореневе підживлення. Вміст хлорофілу істотно відрізняється і може становити від 33,5 до 50,9 мг/см² [16].

Вченими О. І. Циліориком та В. О. Тищенком [21] доведено, що внесення добрив у дозах N₃₀₋₆₀P₃₀₋₆₀K₃₀₋₆₀ сприяє збільшенню вмісту хлорофілу в листках кукурудзи до SPAD 50,6–55,4 од. SPAD, що на 2,6–13,9 одиниць SPAD, або на 4,1–24,7 % більше порівняно з посівами без внесення добрив.

Метою роботи було встановити закономірності формування асиміляційної поверхні та накопичення хлорофілів «а» і «b» у рослинах кукурудзи залежно від рівня азотного живлення, а також визначити вплив азотних добрив на формування фотосинтетичного апарату культури.

Матеріали і методи. У ході виконання роботи застосовували лабораторний метод для визначення площі листової поверхні та вмісту хлорофілу в листках кукурудзи, а математично-статистичний – для оцінки достовірності отриманих результатів досліджень. Асиміляційну поверхню досліджуваних гібридів кукурудзи визначали у фенологічні фази 7–8 листків і до настання молочно-воскової стиглості. Площу листової поверхні визначали розрахунковим методом шляхом множення довжини листка на його найбільшу ширину та на коефіцієнт 0,75 на 10 типових рослинах за формулою:

$$S = k * l * n,$$

де S – площа листової поверхні, см²;
k – середній поправочний коефіцієнт,

рівний 0,75; l – довжина листка, см; n – ширина листка у найширшому місці, см.

Дослідження вмісту хлорофілу в листках кукурудзи проводили в лабораторних умовах методом спектрофотометричного аналізу. Для визначення вмісту хлорофілу відбирали типові, добре розвинені листки кукурудзи. Зразки подрібнювали ножицями. Подрібнену рослинну масу (0,2–0,5 г) переносили в ступку та додавали 2–3 мл 96 % етанолу. Зразок ретельно розтирали до повного знебарвлення тканини. Отриманий екстракт фільтрували, після чого вимірювали оптичну густину розчину на спектрофотометрі при довжинах хвиль 663 нм для хлорофілу «а», 645 нм для хлорофілу «b» та сумарно для хлорофілу «а» і «b». Математичний аналіз результатів лабораторних досліджень проведено за допомогою дисперсійного методу у викладі А. О. Рожкова [6].

Польові досліди було закладено в сівозміні ФГ «Богатирівське», що розташоване в Роменському районі Сумської області та належить до північної частини Лівобережного Лісостепу. Ґрунт дослідної ділянки – легкосуглинковий темно-сірий опідзолений із крупнопилуватою структурою. Клімат помірно-континентальний, придатний для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи.

Для встановлення ефективності та обґрунтування впливу видів азотних добрив на площу листової поверхні посівів кукурудзи, а також на накопичення хлорофілу «а» і «b» у її листках, було закладено двофакторний дослід (табл. 1).

1. Схема досліду

Гібрид (фактор А)		Норма добрив (фактор В)		
позначення варіанту	гібрид	позначення варіанту	норма, кг/га д. р.	добриво
A1	ЕС Конкорд	B1	контроль (без добрив)	
A2	ЕС Астероїд	B2	N ₂₂ P ₅₇ K ₅₇ – фон (Ф)	
		B3	Ф + N ₁₂₀	Аміачна вода
		B4	Ф + N ₁₂₀	КАС
		B5	Ф + N ₁₂₀	Карбамід

Результати та обговорення.

Позитивний вплив азотних добрив на інтенсивність формування листків рослин кукурудзи позначався на розмірах листової поверхні. Збільшення площі асиміляції рослин під впливом добрив спостерігалось ще до початку появи волотей, причому її величина залежала від виду добрив. За варіантами досліду визначення площі листової поверхні

рослин кукурудзи проводили протягом усього вегетаційного періоду.

Відомо, що інтенсивність фотосинтетичної діяльності рослин кукурудзи змінюється залежно від фенологічних фаз розвитку – від початкових етапів росту до формування і наливу зерна. Максимальна продуктивність листового апарату досягається у фазу викидання волоті, коли фотосинтез є найбільш активним (табл. 2).

2. Площа листової поверхні посівів кукурудзи гібридів ЕС Астероїд та ЕС Конкорд залежно від удобрення, тис. м²/га

Гібрид (фактор А)	Удобрєння (фактор В)	Фенологічна фаза		
		7–8 листків (ВВСН 18-19)	викидання волоті (ВВСН 51-59)	молочно- воскова стиглість (ВВСН 73-75)
ЕС Астероїд (ФАО 290)	без добрив (контроль)	8,9	29,7	24,9
	Фон – Діаміфоска (N ₂₂ P ₅₇ K ₅₇)	9,6	32,6	27,7
	Фон + Аміачна вода	10,9	37,5	32,0
	Фон + КАС 32	11,8	45,6	37,5
	Фон + Карбамід	11,1	43,3	33,4
НІР _{0,5}		1,07	3,11	1,79
НІР _{0,5} по фактору А		0,48	1,39	0,80
НІР _{0,5} по фактору В		0,75	2,20	1,26
ЕС Конкорд (ФАО 250)	без добрив (контроль)	9,4	30,9	26,4
	Фон Діаміфоска (N ₂₂ P ₅₇ K ₅₇)	10,9	34,7	29,2
	Фон + Аміачна вода	11,3	39,8	34,6
	Фон + КАС 32	12,2	46,5	38,7
	Фон + Карбамід	11,6	42,8	35,9
НІР _{0,5}		1,02	2,11	1,63
НІР _{0,5} по фактору А		0,39	1,27	0,76
НІР _{0,5} по фактору В		0,64	2,08	1,16

Вимірювання площі листової поверхні проводили у різні фенологічні фази росту та розвитку рослин кукурудзи: у фазу 7–8 листків (ВВСН 18-19), викидання волоті (ВВСН 51-59) та молочно-воскової стиглості зерна (ВВСН 73-75) на двох досліджуваних гібридах: ЕС Астероїд та ЕС Конкорд. За результатами досліджень, площа листової поверхні посівів кукурудзи гібридів ЕС Астероїд та ЕС Конкорд була найнижчою на варіанті без внесення добрив (контроль), що підтверджує недостатню кількість

елементів живлення для формування ростових процесів рослин кукурудзи. Для гібриду ЕС Астероїд у фазі 7–8 листків показники варіюють від 8,9 до 11,8 тис. м²/га за внесення КАС-32, що свідчить про приріст на 32,6 %. У фазу викидання волоті значення зростають від 29,7 до 45,6 тис. м²/га, а у фазу молочно-воскової стиглості – від 24,9 до 37,5 тис. м²/га. Найефективнішим варіантом удобрення для цього гібриду є поєднання фону (діаміфоска) з КАС-32, що забезпечує максимальні показники площі

листяної поверхні в усіх фенологічних фазах росту та розвитку рослин кукурудзи.

Подібна закономірність характерна і для гібриду ЕС Конкорд, проте його показники дещо перевищують показники гібриду ЕС Астероїд. Так, у фазі 7–8 листків значення змінюються від 9,4 до 12,2 тис. м²/га на контролі та при застосуванні КАС 32 відповідно. У фазі викидання волоті показники становлять відповідно 30,9–46,5 тис. м²/га, а у фазі молочно-воскової стиглості – 26,4–38,7 тис. м²/га. Це свідчить про високу реакцію даного гібриду на інтенсифікацію живлення та його потенційно вищу продуктивність.

Хлорофіл і каротиноїди – найважливіші компоненти фотосинтетичного апарату листя. За хімічним складом хлорофіл є складним ефіром дикарбонової кислоти. Наявність двох варіантів феофітинової групи, які різняться між собою вмістом водню і кисню, зумовлює поділ хлорофілу на групи «a» і «b». Хлорофіл «a» має феофітинову групу з більшим числом атомів водню і меншим кисню, а хлорофіл «b», навпаки, з більшим вмістом кисню і меншим водню. За нормального розвитку листового апарату вміст хлорофілу в ньому варіює від 0,5 до 3,0 мг/г свіжої маси [3, 18].

Із загального вмісту пластидних пігментів значну частину займає хлорофіл «a», який є основним у пігментній системі. Високий вміст хлорофілу «a» у затінених листках забезпечує їх працездатність при

повному освітленні, а також сприяє синтезу більшої кількості органічної речовини. Підвищений вміст хлорофілу «b» в листках, постійно освітлених сонцем, викликає посилене засвоєння радіації в спектрі 450–480 нм, що дозволяє листкам ефективніше використовувати освітленість при їх затіненні або в похмурі дні. Хлорофіл «b» стабілізує пігментну систему, захищаючи її від різких змін освітлення, а також є більш стійким до дії несприятливих факторів навколишнього середовища [5, 14].

Співвідношення хлорофілу «a» і «b» у рослин зростало під впливом збільшення вмісту хлорофілу «a», що свідчить про більш активну участь цього пігменту у формуванні врожаю рослин, тому порівнювати вміст пігментів за варіантами буде недоцільно.

В окремих випадках співвідношення пігментів «a» і «b» зменшувалося за рахунок різкого збільшення частки хлорофілу «b», що підтверджує дані щодо його високої жаростійкості та кращої посухостійкості серед досліджених форм. У дослідженнях багатьох авторів зазначається пряма залежність між кількістю пігментів і життєдіяльністю, продуктивністю та стійкістю рослин до несприятливих умов [13]. У таблиці подано результати впливу різних варіантів удобрення на вміст хлорофілу «a», хлорофілу «b» та їх сумарний вміст у листках рослин кукурудзи двох гібридів: ЕС Астероїд та ЕС Конкорд (табл. 3).

3. Вміст хлорофілу в листках кукурудзи гібридів ЕС Астероїд та ЕС Конкорд залежно від виду азотних добрив (середнє за 2022–2024 рр.), мг/г

Варіант удобрення	Хлорофіл		Сума «a» і «b»	Вміст, мг/г
	«a»	«b»		
1	2	3	4	5
ЕС Астероїд				
Без добрив (контроль)	17,1	2,8	19,9	2,5
Фон – Діаміфоска (N ₂₂ P ₅₇ K ₅₇)	18,4	3,2	21,6	2,7
Фон + Ам'ячна вода	20,8	3,2	24,0	3,0
Фон + КАС 32	22,3	3,6	25,9	3,4
Фон + Карбамід	21,8	3,6	25,4	3,0

1	2	3	4	5
ЕС Конкорд				
Без добрив (контроль)	15,8	2,8	18,7	2,3
Фон – Діамофоска (N ₂₂ P ₅₇ K ₅₇)	18,7	3,0	21,7	2,7
Фон + Ам'ячна вода	21,5	3,1	24,6	3,1
Фон + КАС 32	32,5	3,2	35,7	4,5
Фон + Карбамід	22,5	2,9	25,4	3,2
НІР _{0,5}	12,76	0,77	12,48	1,40
НІР _{0,5} по фактору А	5,71	0,34	5,58	0,63
НІР _{0,5} по фактору В	9,03	0,55	8,82	0,99

Виходячи з результатів досліджень, було встановлено, що внесення мінеральних добрив сприяє зростанню вмісту хлорофілів у листках кукурудзи порівняно з контрольним варіантом без удобрення. У гібриду ЕС Астероїд на контрольному варіанті вміст хлорофілу «а» становить 17,1 мг/г, хлорофілу «b» – 2,8 мг/г, а в сумі «а» і «b» – 19,9 мг/г. Внесення діамофоски N₂₂P₅₇K₅₇ (фон) забезпечує підвищення цих показників відповідно до 18,4; 3,2 та 21,6 мг/г.

За удобрення посівів кукурудзи азотними добривами значно посилюється накопичення хлорофілу в листках. При використанні ам'ячної води вміст хлорофілу «а» зростає до 20,8 мг/г, а сума пігментів – до 24,0 мг/г. Найвищі значення для даного гібриду зафіксовано при застосуванні КАС-32: для хлорофілу «а» – 22,3 мг/г, хлорофілу «b» – 3,6 мг/г, а сума «а» і «b» становить 25,9 мг/г. Варіант із застосуванням карбаміду також показує високі результати (21,8; 3,6 та 25,4 мг/г відповідно), але дещо поступається варіанту з унесенням КАС-32.

Подібна закономірність спостерігається і для гібриду ЕС Конкорд, проте в окремих варіантах удобрення його реакція є більш вираженою. На контролі вміст хлорофілу «а» становить 15,8 мг/г, хлорофілу «b» – 2,8 мг/г, а сума пігментів – 18,7 мг/г, що є нижчим показником порівняно з гібридом ЕС Астероїд. Внесення діамофоски N₂₂P₅₇K₅₇ підвищує показники вмісту хлорофілу до 18,7; 3,0 та 21,7 мг/г відповідно. При застосуванні ам'ячної води спостерігається подальше зростання до 21,5 мг/г хлорофілу «а»,

3,1 мг/г хлорофілу «b» та 24,6 мг/г сумарно. Особливо суттєве підвищення зафіксовано у варіанті з КАС-32, де вміст хлорофілу «а» досягає 32,5 мг/г, хлорофілу «b» – 3,2 мг/г, сумарний вміст – 35,7 мг/г, що значно перевищує всі інші варіанти. Це свідчить про високу чутливість даного гібриду до інтенсивного азотного живлення. Варіант із карбамідом також забезпечує високий рівень пігментів (22,5; 2,9 та 25,4 мг/г), проте поступається КАС-32. Таким чином, результати досліджень підтверджують, що гібрид ЕС Конкорд у більшості варіантів удобрення формує вищий рівень фотосинтетичних пігментів, особливо за інтенсивного азотного живлення.

Висновки. В умовах Лівобережного Лісостепу на легкосуглинкових темно-сірих опідзолених ґрунтах посіви кукурудзи спроможні формувати високу площу листової поверхні та накопичувати високий вміст хлорофілів «а» і «b». Встановлено, що внесення азотних добрив забезпечує формування найбільшої площі листової поверхні. Максимальну площу листової поверхні отримано на варіанті «Діамофоска N₂₂P₅₇K₅₇ + КАС 32» у фазу викидання волоті (ВВСН 51-59): вона становила у гібриду ЕС Астероїд – 45,6 тис. м²/га, а у гібриду ЕС Конкорд – 46,5 тис. м²/га. Зростання цього показника становило, відповідно, 50,4 та 53,5 % порівняно з контрольним варіантом без добрив.

Застосування мінеральних добрив, особливо у поєднанні з азотним підживленням КАС 32, значно підвищує вміст хлорофілів «а» і «b» у листках кукурудзи. Найвищі значення вмісту

хлорофілу «а» і «b» (для гібриду ЕС Астероїд – 25,9 мг/г, для гібриду ЕС Конкорд – 35,7 мг/г) отримано при

застосуванні Діамофоски $N_{22}P_{57}K_{57}$ + КАС 32.

Список використаної літератури

1. Адаптивність польових культур за змінних умов вирощування / С. М. Каленська та ін. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. Київ, 2017. Вип. 25. С. 48–57.
2. Асанішвілі Н. М. Формування та функціонування фотосинтетичного апарату рослин кукурудзи за впливу елементів технології вирощування в Лісостепу. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 4 (86). 11 с. <https://scireports.com.ua/web/uploads/pdf/Vol.%2086,%20No.%204,%202020-127-137.pdf>.
3. Вміст пігментів і чиста продуктивність фотосинтезу кукурудзи за використання регуляторів росту рослин / А. В. Заболотна та ін. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2021. Вип. 46 (4). С. 9–15. <https://snaubulletin.com.ua/index.php/ab/article/view/574/518>.
4. Говенько Р. В., Каленська С. М., Антал Т. В. Застосування різних видів рідких азотних добрив на посівах кукурудзи в умовах ФГ «Богатирівське». *Органічне агропродукування: освіта і наука* : матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Київ, 31 жовтня 2019 р.). Київ, 2019. С. 6–9. https://nmc-vfpo.gov.ua/wp-content/uploads/2019/12/tezy-malynka-31_10_-2019-dopovnenno-165.pdf.
5. Говенько Р. В. Продуктивність кукурудзи залежно від удобрення в умовах лівобережного Лісостепу України : дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук, за спец. : 201 «Агрономія» 20 «Аграрні науки та продовольство». Київ, 2023. 193 с.
6. Дослідна справа в агрономії : навч. посібник : у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков та ін. ; за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с. <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/b65f5cc6-4d10-4134-a65f-16c7b4020bda/content>.
7. Ефективність позакореневого підживлення кукурудзи мікроелементними препаратами сумісно з азотним мінеральним добривом / В. С. Циков та ін. *Бюлетень ІЗГ степової зони НААН України*. 2016. № 11. С. 23–27. <https://institut-zerna.com/library/pdf11/6.pdf>.
8. Каленська С. М., Гордіна О. Ю. Асиміляційна поверхня пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння біологічними препаратами. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11, № 2. 12 с. <https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285330>.
9. Каленська С. М., Таран В. Г., Данилів П. О. Розвиток кореневої системи кукурудзи на ранніх етапах розвитку. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Агрономія*. 2017. Вип. 269. С. 10–17.

References

1. Adaptability of field crops under changing growing conditions / S. M. Kalenska et al. *Naukovi pratsi instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*. Kyiv, 2017. Issue 25. P. 48–57.
2. Asanishvili N. M. Formation and functioning of the photosynthetic apparatus of corn plants under the influence of elements of cultivation technology in the Forest-Steppe. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. 2020. No. 4. 11 p. <https://scireports.com.ua/web/uploads/pdf/Vol.%2086,%20No.%204,%202020-127-137.pdf>.
3. Pigment content and net photosynthetic productivity of corn with the use of plant growth regulators / A. V. Zabolotna et al. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. 2021. Issue 46 (4). P. 9–15. <https://snaubulletin.com.ua/index.php/ab/article/view/574/518>.
4. Hovenko R. V., Kalenska S. M., Antal T. V. Application of different types of liquid nitrogen fertilizers on corn crops in the conditions of the Bogatyirivske Farm. *Orhanichne ahrovyrobnytstvo: osvita i nauka* : materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii (m. Kyiv, 31 zhovtnia 2019 r.). Kyiv, 2019. P. 6–9. https://nmc-vfpo.gov.ua/wp-content/uploads/2019/12/tezy-malynka-31_10_-2019-dopovnenno-165.pdf.
5. Hovenko R. V. Corn productivity depending on fertilization in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine: dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. s.-h. nauk, za spets. : 201 «Ahronomiia» 20 «Ahrarni nauky ta prodovolstvo». Kyiv, 2023. 193 p.
6. Experimental Work in Agronomy: Study Guide: in 2 Books. Book 1. Theoretical Aspects of Experimental Work / A. O. Rozhkov et al. Kharkiv : Maidan, 2016. 316 p. <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/b65f5cc6-4d10-4134-a65f-16c7b4020bda/content>.
7. The effectiveness of foliar feeding of corn with microelement preparations in combination with nitrogen mineral fertilizer / V. S. Tsykov et al. *Biuletyn IZGh stepovoi zony NAAN Ukrainy*. 2016. No. 11. P. 23–27. <https://institut-zerna.com/library/pdf11/6.pdf>.
8. Kalenska S. M., Hordyna O. Yu. Assimilation surface of winter wheat depending on pre-sowing seed treatment with biological preparations. *Novitni ahrotekhnolohii*. 2023. Vol. 11, no. 2. 12 p. <https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285330>.
9. Kalenska S. M., Taran V. H., Danyliv P. O. Development of the corn root system in the early stages of development. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Ser. Ahronomiia*. 2017. Issue 269. P. 10–17.
10. Kaminskyi V. F., Asanishvili N. M. Features of the growth and development of corn plants in crops and

10. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Особливості росту і розвитку рослин кукурудзи в посівах та їх фотосинтетична діяльність залежно від технології вирощування в умовах Лісостепу. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (II). С. 92–112. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-6).
11. Лихочвор В. В., Шинкарук Л. М. Фотосинтетичні показники рослин кукурудзи залежно від елементів удобрення. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти* : зб. тез IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, квітень 2021 р.). Київ : Науковометодичний центр ВФПО, 2021. С. 95–97.
12. Мазур В. А., Шевченко Н. В. Формування площі листової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10. № 1–2. С. 108–114. <https://doi.org/10.31548/bio2018.01.014>.
13. Максін В. І. Мікродобрива в рослинництві. *Агроном*. Травень, 2023. № 2 (80). С. 9–12. URL: <https://www.agronom.com.ua/mikrodbryva-vroslynnytstvi-vchora-sogodni-zavtrat> (дата звернення: 11.10.2024).
14. Мамчур О. В. Фізіолого-біохімічні особливості формування продуктивності кукурудзи за впливу регуляторів росту рослин. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2013. Т. 15, № 1, ч. 2. С. 152–160. URL: https://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnu_2013_15_1%282%29_27.
15. Мокрієнко В. А., Приндюк Я. А. Формування та продуктивність асиміляційного апарату рослин кукурудзи залежно від норми висіву та удобрення. *Новітні агротехнології*. 2024. Т. 12, № 1. 8 с. <https://doi.org/10.47414/na.12.1.2024.297343>.
16. Паламарчук В. Д. Вплив позакореневих підживлень на вміст хлорофілу у гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 3 (14). С. 43–53.
17. Паламарчук В. Д., Соломон А. М. Дослідження формування площі асиміляційної поверхні у кукурудзи залежно від позакореневих підживлень. *Корми і кормовиробництво*. 2021. Вип. 92. С. 82–94. [file:///C:/Users/User_405/Downloads/ojsfriadmin,%D0%9A%D0%9E%D0%A0%D0%9C%D0%98-92_82-94%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User_405/Downloads/ojsfriadmin,%D0%9A%D0%9E%D0%A0%D0%9C%D0%98-92_82-94%20(2).pdf).
18. Петриченко В. Ф., Томашук О. В. Особливості формування показників якості зерна кукурудзи за різних технологій вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Т. 10, № 2. 9 с. <https://doi.org/10.31548/agr2019.02.029>.
19. Практикум з фізіології рослин : навчальний посібник / М. І. Федорчук та ін. Миколаїв : МНАУ, 2020. 200 с.
20. Степаненко М. В. Формування площі листової поверхні кукурудзи залежно their photosynthetic activity depending on the cultivation technology in the Forest-Steppe conditions. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. 2020. Issue 67 (II). P. 92–112. [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-6).
11. Lykhochvor V. V., Shynkaruk L. M. Photosynthetic parameters of corn plants depending on fertilizer elements. *Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vyklyky dlia ahrarnoi nauky ta osvity* : zb. tez IV Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii (m. Kyiv, kviten 2021 r.). Kyiv : Naukovometodychnyi tsentr VFPO, 2021. P. 95–97.
12. Mazur V. A., Shevchenko N. V. Formation of leaf surface area of corn hybrid plants depending on technological cultivation methods. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*. 2018. Vol. 10. No. 1–2. P. 108–114. <https://doi.org/10.31548/bio2018.01.014>.
13. Maksin V. I. Microfertilizers in crop production. *Ahronom*. Traven, 2023. No. 2 (80). P. 9–12. URL: <https://www.agronom.com.ua/mikrodbryva-vroslynnytstvi-vchora-sogodni-zavtrat> (last accessed: 11.10.2024).
14. Mamchur O. V. Physiological and biochemical features of the formation of corn productivity under the influence of plant growth regulators. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S. Z. Gzhyskoho*. 2013. Vol. 15, no. 1, ch. 2. P. 152–160. URL: https://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnu_2013_15_1%282%29_27.
15. Mokriienko V. A., Pryndiuk Ya. A. Formation and productivity of the assimilation apparatus of corn plants depending on the seeding rate and fertilization. *Novitni ahrotekhnolohii*. 2024. Vol. 12, no. 1. 8 p. <https://doi.org/10.47414/na.12.1.2024.297343>.
16. Palamarchuk V. D. The effect of foliar fertilization on the chlorophyll content of corn hybrids of different maturity groups. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2019. No. 3 (14). P. 43–53.
17. Palamarchuk V. D., Solomon A. M. Research on the formation of the assimilation surface area in corn depending on foliar fertilization. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. 2021. Issue 92. P. 82–94. [file:///C:/Users/User_405/Downloads/ojsfriadmin,%D0%9A%D0%9E%D0%A0%D0%9C%D0%98-92_82-94%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User_405/Downloads/ojsfriadmin,%D0%9A%D0%9E%D0%A0%D0%9C%D0%98-92_82-94%20(2).pdf).
18. Petrychenko V. F., Tomashuk O. V. Peculiarities of the formation of corn grain quality indicators under different growing technologies in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe. *Roslynnytstvo ta gruntoznnavstvo*. 2019. Vol. 10, no. 2. 9 p. <https://doi.org/10.31548/agr2019.02.029>.
19. Plant Physiology Workshop : Study Guide / M. I. Fedorchuk et al. Mykolaiv : MNAU, 2020. 200 p.
20. Stepanenko M. V. Formation of corn leaf surface area depending on the fertilization system. *Zernovi kultury*. 2023. Vol. 7, no. 2. P. 300–306. https://www.researchgate.net/publication/402598198_FORMUVANNA_PLOSI_LISTKOVOI_POVERHNI

від системи удобрення. *Зернові культури*. 2023. Т. 7, № 2. С. 300–306. https://www.researchgate.net/publication/402598198_FORMUVANNA_PLOSI_LISTKOVOL_POVERHNI_KUKURUDZI_ZALEZNO_VID_SISTEMI_UDOBRENNYA.

21. Циліурік О. І., Тищенко В. О. Вплив густоти стояння рослин та рівня мінерального живлення на уміст хлорофілу в листках кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2024. № 27. С. 133–139.

22. Efficiency of corn hybrids growing technologies depending on the kinds of fertilizer application / T. Antal et al. *Book of proceedings. XIII International Scientific Agriculture Symposium “AGROSYM 2022”* Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 06–09, 2022. P. 276–282. URL: https://agrosym.ues.rs.ba/article/showpdf/BOOK_OF_PROCEEDINGS_2022.pdf (дата звернення: 23.04.2026).

23. Grain: World Markets and Trade. United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. May 2026. 52 p. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf> (дата звернення: 03.05.2026).

24. Hajibabae M., Azizi F., Zargari K. Effect of Drought Stress on Some Morphological, Physiological and Agronomic Traits in Various Foliage Corn Hybrids. *Am-Euras. J. Agric. & Environ Sci.* 2012. Vol. 12 (7). P. 890–896. https://www.researchgate.net/publication/266033134_Effect_of_Drought_Stress_on_Green_Fodder_Yield_and_Agronomic_Traits_of_Different_Corn_Hybrids.

KUKURUDZI ZALEZNO VID SISTEMI UDORENNA.

21. Tsyliryk O. I., Tyshchenko V. O. The effect of plant density and mineral nutrition level on chlorophyll content in corn leaves. *Ahrarni innovatsii*. 2024. No. 27. P. 133–139.

22. Efficiency of corn hybrids growing technologies depending on the kinds of fertilizer application / T. Antal et al. *Book of proceedings. XIII International Scientific Agriculture Symposium “AGROSYM 2022”* Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 06–09, 2022. P. 276–282. URL: https://agrosym.ues.rs.ba/article/showpdf/BOOK_OF_PROCEEDINGS_2022.pdf (дата звернення: 23.04.2026).

23. Grain: World Markets and Trade. United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. May 2026. 52 p. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf> (дата звернення: 03.05.2026).

24. Hajibabae M., Azizi F., Zargari K. Effect of Drought Stress on Some Morphological, Physiological and Agronomic Traits in Various Foliage Corn Hybrids. *Am-Euras. J. Agric. & Environ Sci.* 2012. Vol. 12 (7). P. 890–896. https://www.researchgate.net/publication/266033134_Effect_of_Drought_Stress_on_Green_Fodder_Yield_and_Agronomic_Traits_of_Different_Corn_Hybrids.