



УДК 633.15:631.53.027

Формування та продуктивність асиміляційного апарату рослин кукурудзи залежно від норми висіву та удобрення

 В. А. Мокрієнко*,  Я. А. Приндюк

Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, *e-mail: mokrienko@ukr.net

Мета. Встановлення впливу досліджуваних елементів технології вирощування (удобрення, норми висіву насіння та гібрид), а також їх поєднання на формування та функціонування асиміляційного апарату рослин кукурудзи в умовах Лісостепу. **Методи.** Дослідження проводилися протягом 2017–2019 рр. у стаціонарному досліді кафедри рослинництва ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне, Білоцерківський р-н, Київська обл.) у зоні Лісостепу. Для досягнення цілей дослідження використовувалися різні методи: польовий, лабораторні (включали вимірювально-ваговий аналіз для встановлення біометричних параметрів росту рослин) та статистичні методи, такі як дисперсійний та порівняльно-розрахунковий аналіз. **Результати.** Встановлено, що гібриди кукурудзи суттєво різнилися за показником максимальної площі листкового апарату. Гібрид 'Сплендіс' за роки досліджень в середньому формував 37,8 тис. м²/га листків, 'ЄС Конкорд' – 38,7 тис. м²/га, 'MAS 36.A' – 40,6 тис. м²/га, а максимальна була у посівів 'P8816' – 41,5 тис. м²/га. Залежність площі листків від норми висіву кукурудзи також була істотною, оскільки в разі збільшення її від 75 до 80 тис. насінин/га цей показник зростав від 38,2 до 40,0 тис. м²/га. Встановлено, що фотосинтетичний потенціал гібридів з ФАО 250 – 'Сплендіс' та 'ЄС Конкорд' суттєво не різнився, так само, як і в гібридів з ФАО 300 – 'MAS 36.A' і 'P8816'. **Висновки.** Всі досліджувані чинники мали істотний вплив на формування листкового апарату, а варіація максимальної площі листя на 36,2 % залежала від чинника гібрид, на 35,5 % від удобрення та на 26,2 % від норми висіву. Окремий істотний вплив мала взаємодія гібрида з удобренням, що обумовлювало 1,3 % всіх варіацій, тоді як інші взаємодії були неістотними.

Ключові слова: кукурудза; площа листя; фотосинтетичний потенціал посівів; гібрид; норма висіву.

Вступ

У вирішенні проблеми продовольчої безпеки особлива роль належить зерну кукурудзи як найважливішому та соціально значущому продукту [2, 3]. Потреба в кукурудзі і сфери її застосування не обмежуються тільки харчовими цілями, продукти її переробки активно використовуються в промисловості, тваринництві та медицині [2]. Сьогодні кукурудза також є основним джерелом сировини для заводів з виробництва біогазу в Європі [3]. Одержання сталих та високих врожаїв зерна кукурудзи у виробництві стримується недостатньою адаптацією гібридів до специфіки погодних та виробничих умов [1, 2]. Сьогодні таке, що ми спостерігаємо тенденцію до зміни погодно-кліматичних умов, а це обумовлює доцільність в удосконаленні елементів зональної технології вирощування кукурудзи [7, 11]. Актуальними залишаються питання застосування мінеральних добрив, зокрема, раціональних норм [3].

Важливим елементом технології є добір гібрида за групою стиглості та продуктивністю в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах вирощування [4].

Реалізація потенціалу гібридів кукурудзи є результатом фотосинтезу, під час якого з простих речовин утворюється енергоємні та різні за хімічним складом органічні сполуки [5, 14]. Швидкість нагромадження органічних речовин буде залежати від потужності асиміляційного апарату, яка обумовлюється біометричними параметрами рослин та ефективністю роботи хлоропластів [17]. Інтенсивність асиміляційного апарату і строк його роботи є вирішальними факторами продуктивності фотосинтезу, який в свою чергу визначає кількісні та якісні показники врожаю [6, 10].

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. <https://doi.org/10.47414/na.12.1.2024.297343>

У польових умовах за оптимізації мінерального живлення та норми висіву насіння врожай зерна кукурудзи залежить насамперед від інтенсивності формування фотосинтетичного апарату та тривалості його функціонування [7, 12]. Фотосинтетичний апарат може слугувати індикатором потенційних можливостей посіву тієї чи іншої культури і значно змінюється під впливом ґрунтово-екологічних, технологічних умов та генетичних особливостей [8]. Встановлення морфологічних показників гібридів кукурудзи може дати конкретні рекомендації щодо розкриття резервного потенціалу даних гібридів у відповідних умовах [9].

Сучасні технології вирощування, зокрема використання фону мінерального живлення, оптимізації норми висіву насіння, сприятимуть зростанню врожайності та економічної ефективності вирощування кукурудзи [3]. Головним чинником впливу на продуктивність рослин, що обумовлює можливість нормального проходження процесу фотосинтезу, являється світлова сонячна енергія, температура, забезпечення рослин доступною вологою та поживними речовинами [16]. Серед чинників, що мають вплив на потенційну продуктивність гібридів кукурудзи, є фон мінерального живлення та норми висіву насіння [9, 15]. Дефіцит поживних речовин на ранніх стадіях росту кукурудзи, особливо фосфору, є основною причиною обмеження її врожайності. Нестача поживних речовин безпосередньо має вплив на фотосинтетичний апарат, головним чином через біосинтез і функціонування ключових фотосинтетичних компонентів. Прямий вплив на синтез білкових комплексів, які беруть участь у фотосинтетичних реакціях, було задокументовано в основному у випадку дефіциту азоту, сірки та заліза [12].

Встановлення впливу норми висіву насіння на фотосинтетичну діяльність гібридів різних груп стиглості дозволяє компенсувати меншу продуктивність гібридів з коротшим вегетаційним періодом збільшенням кількості рослин на одиниці площі і отримувати високі врожаї зерна з низькою передзбиральною вологістю [13].

В умовах Лісостепу за вирощування кукурудзи на зерно найефективнішими технологіями, що забезпечують врожайність ранньостиглого гібрида на рівні 9,87 і 10,39 т/га, є технології з внесенням підвищених і високих норм мінеральних добрив $N_{180}P_{120}K_{180}$ і $N_{240}P_{180}K_{240}$ на фоні побічної продукції попередника (соломи пшениці озимої). Доведено визначальну роль забезпечення якомога довшого періоду активного функціонування сумарної листової поверхні за оптимальних, а не максимальних добових значень синтезованої сухої речовини у технологіях вирощування кукурудзи зернового напрямку [9, 15].

Оптимальний ріст та розвиток рослин кукурудзи залежить від перебігу фізіологічних процесів, а головним чином від ефективності фотосинтезу. Основним завданням у створенні таких умов, за яких ефективність фотосинтезу буде якнайвищою, тобто максимальне використання біотичних і абіотичних факторів довкілля [7]. Тому оптимізація елементів технології вирощування як керованих антропогенних чинників середовища з метою організації оптимальної морфоструктури агроценозу кукурудзи задля підвищення ефективності фотосинтетичної діяльності є важливим шляхом удосконалення систем виробництва продукції рослинництва [10].

Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження проводилися протягом 2017–2019 рр. у стаціонарному досліді кафедри рослинництва ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне Васильківський район Київської області) у зоні Лісостепу. Ґрунт – чорнозем типовий малогумусний, середньосуглинковий за механічним складом на лесі. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту 3,5 % (за Тюрнімом), забезпеченість елементами мінерального живлення – середня. Потужність гумусового горизонту 25–30 см. У досліді досліджували гібриди (фактор А): 'Сплендіс' (ФАО 250), 'ЕС Конкорд' (ФАО 250), 'MAS 36 A' (ФАО 300) та 'P8816' (ФАО 300); удобрення (фактор В): $N_{134}P_{85}K_{85}$; $N_{161}P_{105}K_{105}$ та $N_{188}P_{125}K_{125}$; норма висіву насіння, тис. шт./га (фактор С): 75, 80 та 85.

Клімат Лісостепу помірно-континентальний, який обумовлюється теплими, сніжними зимами та помірним вологозабезпеченням влітку. Але погодні умови останніх років різко різняться та характеризуються більш теплим та подовженим вегетаційним періодом в порівнянні з минулим десятиріччям. Спостерігається зростання середньодобової температури повітря з незначною кількістю опадів, які надходять у вигляді злив або зовсім відсутні. В цілому кліматичні умови 2017–2019 рр. були сприятливими для росту й розвитку кукурудзи, а у 2017 р. спостерігався вплив лімітуючих факторів – дефіцит ґрунтової вологи протягом вегетації та повітряна посуха у період формування генеративних органів, що в кінцевому результаті обумовило зниження продуктивності гібридів кукурудзи.

Результати досліджень

Накопичення сухої речовини відбувається завдяки процесу фотосинтезу, що проходить в асиміляційному апараті рослини – листках та частково в стеблах. Процес формування листової поверхні рослини відбувається весь вегетативний період, а максимальної площі досягає у фазу цвітіння (табл. 1). За показником максимальної площі листового апарату можна прогнозувати рівень урожайності, оскільки близько половини сухої речовини, що асимілюється протягом вегетації, припадає на генеративний період, а значна частина якої потім відтікає до зерна.

Всі гібриди суттєво різнилися за середнім показником максимальної площі листя. Гібрид 'Сплендіс' за роки досліджень в середньому формував 37,8 тис. м²/га листя, 'ЄС Конкорд' – 38,7 тис. м²/га, 'MAS 36.A' – 40,6 тис. м²/га, а максимальна була у посівів P8816 – 41,5 тис. м²/га. Збільшення норми добрив давало істотну прибавку у всіх варіантів: за норми добрив N₁₃₄P₈₅K₈₅ площа листя в середньому по досліді становила 38,1 тис. м²/га, за норми N₁₆₁P₁₀₅K₁₀₅ зростала на 1,7 тис. м²/га (39,8 тис. м²/га), а при N₁₈₈P₁₂₅K₁₂₅ – додатково на 1,2 тис. м²/га (41,0 тис. м²/га). Залежність площі листя від норми висіву кукурудзи також була істотною, оскільки при збільшенні норми від 75 до 80 тисяч насінин/га цей показник зростав від 38,2 до 40,0 тис. м²/га. В той же час приріст площі листя був суттєво нижчим при збільшенні норми висіву від 80 до 85 тисяч насінин/га, бо становив лише 0,7 тис. м²/га (40,7 тис. м²/га в загальному).

Таблиця 1

**Максимальна площа асиміляційного апарату кукурудзи, тис. м²/га
(середнє за 2017–2019 рр.)**

Гібрид (A)	Норма добрив (B)	Норма висіву, тис. сх. насінин/га (C)			Середнє по факторах	
		75	80	85	B	A
'Сплендіс' (250)	N ₁₃₄ P ₈₅ K ₈₅	34,9	36,7	37,1	36,2	37,8
	N ₁₆₁ P ₁₀₅ K ₁₀₅	36,7	38,1	38,9	37,9	
	N ₁₈₈ P ₁₂₅ K ₁₂₅	37,5	39,4	40,6	39,2	
'ЄС Конкорд' (250)	N ₁₃₄ P ₈₅ K ₈₅	35,6	37,6	37,9	37,0	38,7
	N ₁₆₁ P ₁₀₅ K ₁₀₅	36,8	38,5	39,4	38,2	
	N ₁₈₈ P ₁₂₅ K ₁₂₅	40,3	41,6	40,8	40,9	
'MAS 36.A' (300)	N ₁₃₄ P ₈₅ K ₈₅	37,6	39,2	40,3	39,0	40,6
	N ₁₆₁ P ₁₀₅ K ₁₀₅	39,4	41,3	42,3	41,0	
	N ₁₈₈ P ₁₂₅ K ₁₂₅	40,3	42,6	42,2	41,7	
'P8816' (300)	N ₁₃₄ P ₈₅ K ₈₅	38,6	40,1	41,6	40,1	41,5
	N ₁₆₁ P ₁₀₅ K ₁₀₅	40,3	42,6	43,6	42,2	
	N ₁₈₈ P ₁₂₅ K ₁₂₅	40,9	42,6	43,1	42,2	
Середнє по фактору C		38,2	40,0	40,7		
HIP _{0,05}			1,8		1,0	0,6

Завдяки малій різниці у максимальній площі листя між посівами 80 і 85 тисячами насінин/га майже в кожного гібрида в блоці однієї норми добрив не спостерігалось істотної різниці. У гібрида 'Сплендіс' за норми добрив N₁₃₄P₈₅K₈₅ формувався найменший показник максимальної площі листя – 34,9 тис. м²/га за норми висіву 75 тисяч насінин/га, тоді як у варіантів 80 і 85 тисяч насінин/га це значення суттєво зросло до 36,7 і 37,1 тис. м²/га відповідно. За норми N₁₆₁P₁₀₅K₁₀₅ площа листя у посівів з суміжними варіантами норми висіву (75 і 80; 80 і 85 тис. м²/га) суттєво не різнилася, але збільшення норми давало певну прибавку, а варіанти 75 і 85 тисяч насінин/га взагалі мали істотну різницю – 2,2 тис. м²/га. Цей гібрид за норми добрив N₁₈₈P₁₂₅K₁₂₅ та норми висіву 75 тисяч насінин/га формував 37,5 тис. м²/га листя, тоді як збільшення норми висіву до 80 тисяч насінин/га давало істотну прибавку (+1,9 тис. м²/га), а площа листя зростала до 39,4 тис. м²/га. Збільшення норми висіву до 85 тисяч насінин/га давало неістотну прибавку (+1,2 тис. м²/га), а посіви формували 40,6 тис. м²/га листя, що було найкращим результатом у посівів цього гібрида.

Гібрид 'ЄС Конкорд' за норми добрив N₁₃₄P₈₅K₈₅ повторював тенденції гібрида 'Сплендіс'. За цієї норми добрив та норми висіву на рівні 75 тисяч насінин/га посіви 'ЄС Конкорд' формували 35,6 тис. м²/га листя, а збільшення норми висіву до 80 та 85 тисяч насінин/га давало істотну прибавку, але без істотної різниці між двома нормами (37,6 і 37,9 тис. м²/га відповідно). За норми добрив N₁₆₁P₁₀₅K₁₀₅ цей гібрид формував 36,8 тис. м²/га листя при нормі висіву 75 тисяч насінин/га, а при її збільшенні до 80 тисяч була несуттєва прибавка (в результаті площа листя на рівні 38,5 тис. м²/га). В той же час подальше збільшення норми висіву до 85 тисяч насінин/га істотно збільшувало площу листя (39,4 тис. м²/га) порівняно з варіантом 75 тисяч та неістотно з 80 тисяч насінин/га. За норми

добрив N₁₈₈P₁₂₅K₁₂₅ різниця між різними нормами висіву була несуттєвою, але площа листя формувалася на рівні 40,3–41,6 тис. м²/га.

Гібрид 'MAS 36.A' характеризувався тим, що за всіх норм добрив варіант посівів з нормою висіву 75 тисяч насінин/га формував суттєво меншу площу листя порівняно з іншими нормами в межах блоку удобрення, в той же час різниця між 80 і 85 тисячами насінин/га була несуттєвою. За норми добрив N₁₃₄P₈₅K₈₅ і норми висіву 75 тисяч насінин/га цей гібрид формував 37,6 тис. м²/га листя, а у варіантів з нормою висіву 80 і 85 тисяч насінин/га – 39,2–40,3 тис. м²/га. За норми добрив N₁₆₁P₁₀₅K₁₀₅ за найменшої норми висіву формувалося 39,4 тис. м²/га листя, а при її збільшенні до 80 і 85 тисяч насінин/га відповідно 41,3 і 42,3 тис. м²/га. Збільшення норми добрив до N₁₈₈P₁₂₅K₁₂₅ не давало суттєвої прибавки за однакових норм висіву, але найбільший показник максимальної площі листя був за норми висіву 80 тисяч насінин/га та нормі добрив N₁₈₈P₁₂₅K₁₂₅.

Посіви гібрида 'P8816' майже на кожній комбінації норми висіву та норми удобрення формували більшу листкову поверхню. Цей гібрид за норми добрив N₁₃₄P₈₅K₈₅ та норми висіву 75 тисяч насінин/га формував 27,6 тис. м²/га листя, а збільшення норми висіву у суміжних варіантів (75 і 80; 80 і 85 тис. м²/га) давало неістотну прибавку цього показника, тому різниця між максимальною і мінімальною нормою висіву була суттєвою – 3,0 тис. м²/га (відповідно 41,6 і 38,6 тис. м²/га). Посіви 'P8816' за норми добрив N₁₆₁P₁₀₅K₁₀₅ та норми висіву 75 тисяч насінин/га формували 40,3 тис. м²/га листкової поверхні, а при збільшенні норми висіву також суттєво зростала і площа листя, проте без суттєвої різниці між варіантами 80 і 85 тисяч насінин/га (відповідно 42,6 і 43,6 тис. м²/га). За максимальної норми добрив різниця між суміжними нормами висіву несуттєва, проте була суттєвою між варіантами з 75 і 85 тисячами насінин/га, де формувалося відповідно 40,9 і 43,1 тис. м²/га листя.

Всі досліджувані чинники мали істотний вплив на формування листкового апарату, а варіація максимальної площі листя на 36,2 % залежала від чинника гібрид, на 35,5 % від удобрення та на 26,2 % від норми висіву. Окремий істотний вплив мала взаємодія гібрида з удобренням, що обумовлювало 1,3 % всіх варіацій, тоді як інші взаємодії були неістотними.

Результати дисперсійного аналізу за дослідом в цілому та порівняння варіантів за НІР в межах кожного гібрида вказують, що максимальна площа листя за встановлених елементів технології вирощування формується в межах біологічного потенціалу посівів, а подальше збільшення норми висіву ймовірно не дасть суттєвої прибавки, а при оцінці у декількох гібридів навпаки може призвести до зниження цього показника або інших важливих параметрів фотосинтетичного потенціалу посівів. Продуктивність посівів залежить від площі листя, проте ефективність листового апарату у гібридів різниться та залежить від конфігурації листка та інших параметрів, тому доцільно також встановлювати чисту продуктивність фотосинтезу посівів.

Фотосинтетичний потенціал кукурудзи залежав від досліджуваних чинників та умов року, оскільки тривалість вегетації та площа листкового апарату, що формувалася у різні фази розвитку, суттєво різнилися. У середньому за роки досліджень фотосинтетичний потенціал всіх досліджуваних гібридів 2 млн м²×днів/га, а в окремих варіантів досягав 2,58 млн м²×днів/га (табл. 2).

Таблиця 2

Фотосинтетичний потенціал посівів гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння та норми мінеральних добрив за вегетацію, млн м²×днів/га (середнє за 2017–2019 рр.)

Гібрид (А)	Норма добрив (В)	Норма висіву, тис. сх. насінин/га (С)			Середнє по факторах	
		75	80	85	В	А
'Сплендіс' (250)	N ₁₃₄ P ₈₅ K ₈₅	2,09	2,19	2,22	2,17	2,26
	N ₁₆₁ P ₁₀₅ K ₁₀₅	2,20	2,28	2,33	2,27	
	N ₁₈₈ P ₁₂₅ K ₁₂₅	2,24	2,36	2,43	2,34	
'ЄС Конкорд' (250)	N ₁₃₄ P ₈₅ K ₈₅	2,13	2,25	2,27	2,21	2,32
	N ₁₆₁ P ₁₀₅ K ₁₀₅	2,20	2,30	2,36	2,29	
	N ₁₈₈ P ₁₂₅ K ₁₂₅	2,41	2,49	2,44	2,45	
'MAS 36.A' (300)	N ₁₃₄ P ₈₅ K ₈₅	2,25	2,34	2,41	2,33	2,43
	N ₁₆₁ P ₁₀₅ K ₁₀₅	2,36	2,47	2,53	2,45	
	N ₁₈₈ P ₁₂₅ K ₁₂₅	2,41	2,55	2,52	2,49	
'P8816' (300)	N ₁₃₄ P ₈₅ K ₈₅	2,31	2,40	2,49	2,40	2,48
	N ₁₆₁ P ₁₀₅ K ₁₀₅	2,41	2,55	2,61	2,52	
	N ₁₈₈ P ₁₂₅ K ₁₂₅	2,45	2,55	2,58	2,52	
Середнє по фактору С		2,29	2,39	2,43		
НІР _{0,05}			0,26		0,14	0,09

Оскільки коливання за роками для різних гібридів відноситься до нерегульованих факторів, а його взаємодія з іншими факторами не така суттєва, то отримані результати можна аналізувати без його врахування. Слід відмітити, що фотосинтетичний потенціал гібридів з ФАО 250 – ‘Сплендіс’ та ‘ЄС Конкорд’ суттєво не різнився, так само, як і в гібридів з ФАО 300 – ‘MAS 36.A’ і ‘P8816’.

У гібрида ‘Сплендіс’ збільшення норми висіву призводило до збільшення фотосинтетичного потенціалу за всіх варіантів удобрення, а максимальне значення (2,43 млн м²×днів/га) формувалося за внесення норми добрив N₁₈₈P₁₂₅K₁₂₅ та нормі висіву 85 тисяч насінин/га. Гібрид ‘ЄС Конкорд’ мав подібну реакцію, але відмічалось стрімке зростання фотосинтетичного потенціалу за норми N₁₈₈P₁₂₅K₁₂₅ порівняно з N₁₆₁P₁₀₅K₁₀₅ – в середньому по блоку збільшення становило 0,16 млн м²×днів/га, а максимального значення (2,49 млн м²×днів/га) досягало за норми висіву 80 тисяч насінин/га.

Фотосинтетичний потенціал гібрида ‘MAS 36.A’ досягав максимального значення 2,55 млн м²×днів/га за норми висіву 80 тисяч насінин/га та норми добрив N₁₈₈P₁₂₅K₁₂₅, проте за норми висіву 85 тисяч насінин/га значення в блоках N₁₆₁P₁₀₅K₁₀₅ і N₁₈₈P₁₂₅K₁₂₅ були несуттєво нижчі і знаходилися в межах похибки середнього, отже збільшення фотосинтетичного потенціалу за рахунок норми висіву та норми добрив для цього гібрида є малоімовірним. У гібрида ‘P8816’ різниця у формуванні фотосинтетичного потенціалу за норми добрив N₁₆₁P₁₀₅K₁₀₅ і N₁₈₈P₁₂₅K₁₂₅ за однакової норми висіву також знаходилася в межах похибки середнього, а найвищий ФП була за норми висіву 85 тисяч насінин/га та норми добрив N₁₆₁P₁₀₅K₁₀₅ – 2,61 млн м²×днів/га.

Загалом фотосинтетичний потенціал посівів є варіабельною ознакою, тому суттєва різниця відмічається лише між обмежувачими значеннями – мінімальним та максимальним, а решта варіантів знаходяться в межах НІР_{0,05}, тому використання показника «фотосинтетичний потенціал» для оцінки продуктивності посівів є дискусійним і може виступати лише додатковим методом.

Статистично значущої різниці між посівами з нормою внесення добрив N₁₆₁P₁₀₅K₁₀₅ і N₁₈₈P₁₂₅K₁₂₅ у формуванні фотосинтетичного потенціалу не спостерігалось, а за норми добрив N₁₃₄P₈₅K₈₅ його значення було істотно нижчим – в середньому 2,28 млн м²×днів/га по досліді (табл. 3). Подібна ситуація була і з нормою висіву, бо посіви 80 і 85 тисяч насінин/га не мали істотної різниці у формуванні фотосинтетичного потенціалу (2,39 і 2,43 млн м²×днів/га), а за норми висіву 75 тисяч насінин/га це значення було суттєво нижчим – 2,29 млн м²×днів/га.

Таблиця 3

Середні значення по факторах для показника «фотосинтетичний потенціал посівів»

Фактор	Варіант	ФП, млн м ² × діб/га	δ	SE	Група подібності	НІР _{0,05}
Гібрид	‘Сплендіс’	2,26	0,18	0,03	a	0,1
	‘ЄС Конкорд’	2,32	0,19	0,04	a	
	‘MAS 36.A’	2,43	0,17	0,03	b	
	‘P8816’	2,48	0,18	0,03	b	
Удобрення	N ₁₃₄ P ₈₅ K ₈₅	2,28	0,19	0,03		0,09
	N ₁₆₁ P ₁₀₅ K ₁₀₅	2,38	0,20	0,03	a	
	N ₁₈₈ P ₁₂₅ K ₁₂₅	2,45	0,17	0,03	a	
Норма висіву	75	2,29	0,19	0,03		0,09
	80	2,39	0,19	0,03	a	
	85	2,43	0,19	0,03	a	

Висновки

Отже, встановлено, що підвищення норми добрив давало істотну прибавку у всіх варіантів, за норми добрив N₁₃₄P₈₅K₈₅ площа листя в середньому по досліді становила 38,1 тис. м²/га, N₁₆₁P₁₀₅K₁₀₅ – на 1,7 тис. м²/га, а при N₁₈₈P₁₂₅K₁₂₅ – на 1,2 тис. м²/га більше. Залежність площі листя від норми висіву кукурудзи також була істотною, оскільки при збільшенні норми від 75 до 80 тис. насінин/га цей показник зростав від 38,2 до 40,0 тис. м²/га. Фотосинтетичний потенціал гібридів з ФАО 250 – ‘Сплендіс’ та ‘ЄС Конкорд’ суттєво не різнився, так само, як і в гібридів з ФАО 300 – ‘MAS 36.A’ і ‘P8816’.

Встановлено, що всі досліджувані чинники мали істотний вплив на формування листкового апарату, а варіація максимальної площі листя на 36,2 % залежала від чинника гібрид, на 35,5 % від удобрення та на 26,2 % від норми висіву. Окремий істотний вплив мала взаємодія гібрида з удобренням, що обумовлювало 1,3 % всіх варіацій, тоді як інші взаємодії були неістотними.

Використана література

1. Асанішвілі Н. М. Формування та функціонування фотосинтетичного апарату рослин кукурудзи за впливу елементів технології вирощування в Лісостепу. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 4. doi: 10.31548/dopovidi2020.04.012
2. Паламарчук В. Д., Кричковський В. Ю., Рудська Н. О., Колісник О. М. Новітні технології вирощування овочевих культур та кукурудзи за використання дигестату біогазових станцій. Вінниця : Друк, 2023. 296 с.
3. Іванишин О. Показники структури урожаю зерна кукурудзи залежно від гібриду, норми добрив та мікродобрива в умовах Лісостепу Західного. *Молодий вчений*. 2021. № 3. С. 15–19. doi: 10.32839/2304-5809/2021-3-91-4
4. Іванів М. О., Репілевський Д. Е. Площа асиміляційної поверхні листків та урожайність гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів зрошення в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 117. С. 64–72. doi: 10.32851/2226-0099.2021.117.9
5. 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. doi: 10.32636/01308521.2020-(67)-2-6
6. Корсун С., Буслаєва Н., Довбаш Н. Особливості фотосинтетичної діяльності посівів кукурудзи на зерно в умовах забруднення агроєкотопів свинцем, кадмієм, цинком. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 1. С. 32–36. doi: 10.31073/agrovisnyk201601-06
7. Лавриненко Ю. О., Міщенко С. В., Марченко Т. Ю. та ін. Фотосинтетичні показники гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву і обробітку біопрепаратами за умов зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. № 12. С. 41–47.
8. 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. doi: 10.31548/bio2018.01.014
9. Марченко Т. Ю., Лавриненко Ю. О., Михаленко І. В., Хоменко Т. М. Біометричні показники гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від обробки мікродобривами за умов зрошення. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 1. С. 71–79. doi: 10.21498/2518-1017.15.1.2019.162486
10. Писаренко П. В., Біляєва І. М., Пілярський В. Г., Пілярська О. О. Фотосинтетичний потенціал рослин кукурудзи залежно від умов вирощування. *Миронівський вісник*. 2015. Т. 1. С. 243–251.
11. Польовий А. М., Костюкевич Т. К., Толмачова А. В., Жигайло О. Л. Вплив кліматичних змін на формування продуктивності кукурудзи в Західному Лісостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 1. С. 29–36. doi: 10.31521/2313-092X/2021-1(109)-4
12. Тоцький В. М., Лень О. І. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення та основного обробітку ґрунту. *Селекція і насінництво*. 2020. Вип. 117. С. 199–205. doi: 10.30835/2413-7510.2020.207173
13. Влащук А. М., Конащук О. П., Желтова А. Г., Колпакова О. С. Формування врожаю нових гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від елементів технології в умовах степової зони України на зрошенні. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 65. С. 69–73.
14. Gholami H., Ghani A., Fard F. R. et al. Changes in photosynthetic pigments and uptake of some soil elements by chicory supplied with organic fertilizers. *Acta Ecologica Sinica*. 2019. Vol. 39, Iss. 3. P. 250–256. doi: 10.1016/j.chnaes.2018.09.003
15. Matlok N., Szostek M., Antos P. et al. Effect of foliar and soil fertilization with new products based on calcinated bones on selected physiological parameters of maize plants. *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10, Iss. 7. Article 2579. doi: 10.3390/app10072579
16. Wang J., Shi S. H., Wang D. Y. et al. Exogenous salicylic acid ameliorates waterlogging stress damages and improves photosynthetic efficiency and antioxidative defense system in waxy corn. *Photosynthetica*. 2021. Vol. 59, Iss. 1. P. 84–94. doi: 10.32615/ps.2021.031
17. Yue K., Li L., Xie J. et al. Nitrogen supply affects grain yield by regulating antioxidant enzyme activity and photosynthetic capacity of maize plant in the loess plateau. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, Iss. 6. Article 1094. doi: 10.3390/agronomy11061094

References

1. Asanishvili, N. M. (2020). Formation and functioning of the photosynthetic system of corn plants under the influence of elements of growing technology in the Forest-Steppe. *Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 4. doi: 10.31548/dopovidi2020.04.012 [In Ukrainian]
2. Palamarchuk, V. D., Krychkovskiy, V. Yu., Rudskaya, N. O., & Kolisnyk, O. M. (2023). *The latest technologies for growing vegetable crops and corn using the digestate of biogas plants*. Vinnytsia: Druk. [In Ukrainian]
3. Ivanyshyn, O. (2021). Indicators of the maize yield structure depending on the hybrid, the rate of fertilizers and microfertilizers in the conditions of the western Forest-Steppe. *Young Scientist*, 3, 15–19. doi: 10.32839/2304-5809/2021-3-91-4 [In Ukrainian]

4. Ivaniv, M. O., & Repilevskiy, D. E. (2021). Area of assimilation surface and yield of maize hybrids of different FAO groups depending on irrigation methods in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 117, 64–72. doi: 10.32851/2226-0099.2021.117.9 [In Ukrainian]
5. Kaminskyi, V. F., & Asanishvili, N. M. (2020). Features of growth and development of maize plants in crops and their photosynthetic activity depending on the growing technology in the Forest-Steppe. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 67(II), 92–112. doi: 10.32636/01308521.2020-(67)-2-6 [In Ukrainian]
6. Korsun, S., Buslaieva, N., & Dovbash, N. (2016). Features of photosynthetic activity of sowings of corn for grain in conditions of pollution with lead, cadmium, and zinc. *Bulletin of Agricultural Science*, 1, 32–36. doi: 10.31073/agrovisnyk201601-06 [In Ukrainian]
7. Lavrynenko, Yu. O., Mishchenko, S. V., Marchenko, T. Yu., Piliarska, O. O., Kobyzieva, L. N., & Hrabovskyi, M. B. (2022). Photosynthetic indicators of maize hybrids depending on the density of sowing and treatment with biological products for irrigation. *Agrarian Innovations*, 12, 41–47. doi: 10.32848/agrar.innov.2022.12.7 [In Ukrainian]
8. Mazur, V. A., & Shevchenko, N. V. (2018). Formation of the leaf surface of corn hybrids depending on technological growing methods. *Bioresources and Nature Management*, 10(1/2), 108–114. doi: 10.31548/bio2018.01.014 [In Ukrainian]
9. Marchenko, T. Yu., Lavrynenko, Yu. O., Mykhalenko, I. V., & Khomenko, T. M. (2019). Biometric indices of corn hybrids of different FAO groups depending on microfertilizer treatment under irrigation conditions. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(1), 71–79. doi: 10.21498/2518-1017.15.1.2019.162486 [In Ukrainian]
10. Pysarenko, P. V., Biliaieva, I. M., Piliarskyi, V. H., & Piliarska, O. O. (2015). Photosynthetic potential of corn plants depending on growing conditions. *Myronivka Bulletin*, 1, 243–251. [In Ukrainian]
11. Polovyi, A. M., Kostyukievych, T. K., Tolmachova, A. V., & Zhyhailo, O. L. (2021). The impact of climatic changes on forming the corn productivity in the western forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 1, 29–36. doi: 10.31521/2313-092X/2021-1(109)-4 [In Ukrainian]
12. Totskyi, V. M., & Len, O. I. (2020). Corn hybrid performance depending on fertilizers and basic tillage. *Plant Breeding and Seed Production*, 117, 199–205. doi: 10.30835/2413-7510.2020.207173 [In Ukrainian]
13. Vlashchuk, A. M., Konashchuk, O. P., Zheltova, A. H., & Kolpakova, O. S. (2016). Formation of the yield of new hybrids of corn of different groups of maturity depending on the elements of technology in the conditions of the steppe zone of Ukraine under irrigation. *Irrigated Agriculture*, 65, 86–89. [In Ukrainian]
14. Gholami, H., Ghani, A., Fard, F. R., Saharkhiz, M. J., & Hazrati H. (2019). Changes in photosynthetic pigments and uptake of some soil elements by chicory supplied with organic fertilizers. *Acta Ecologica Sinica*, 39(3), 250–256. doi: 10.1016/j.chnaes.2018.09.003
15. Matlok, N., Szostek, M., Antos, P., Gajdek, G., Gorzelany, J., Bobrecka-Jamro, D., & Balawejder, M. (2020). Effect of foliar and soil fertilization with new products based on calcinated bones on selected physiological parameters of maize plants. *Applied Sciences*, 10(7), Article 2579. doi: 10.3390/app10072579
16. Wang, J., Shi, S. H., Wang, D. Y., Sun, Y., Zhu, M., & Li, F. H. (2021). Exogenous salicylic acid ameliorates waterlogging stress damages and improves photosynthetic efficiency and antioxidative defense system in waxy corn. *Photosynthetica*, 59(1), 84–94. doi: 10.32615/ps.2021.031
17. Yue, K., Li, L., Xie, J., Fudjoe, S. K., Zhang, R., Luo, Z., & Anwar S. (2021). Nitrogen supply affects grain yield by regulating antioxidant enzyme activity and photosynthetic capacity of maize plant in the loess plateau. *Agronomy*, 11(6), Article 1094. doi: 10.3390/agronomy11061094

UDC 633.15:631.53.027

Mokrienko, V. A., & Pryndiuk, Ya. A. (2024). Formation and productivity of the assimilation apparatus of corn under different sowing and fertilization rates. *Advanced Agritechnologies*, 12(1). <https://doi.org/10.47414/na.12.1.2024.297343> [In Ukrainian]

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: mokrienko@ukr.net*

Purpose. Establishing the influence of the elements of cultivation technology (fertilizer and sowing rates, different hybrids of corn), as well as their combination on the formation and functioning of the assimilation apparatus of corn plants in the Forest Steppe. **Methods.** Field research was carried out at the Agronomic research station of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Pshenychne, Vasylykiv district, Kyiv region), located in the Forest Steppe, in 2017–2019. Different methods were used to achieve the goals of the study: field, laboratory methods (measurement and weight analysis to establish biometric parameters of plants) and statistical methods (comparative-calculation analysis and analysis of variances). **Results.** It is determined that all hybrids differed significantly in terms of the average maximum leaf area. Over the years of research, the hybrid ‘Splendis’ formed an average of 37.8 thousand m²/ha of leaf area, ‘ES Concord’ – 38.7 thousand m²/ha, and ‘MAS 36.A’ – 40.6 thousand m²/ha. The maximum leaf area was in ‘P8816’ – 41.5 thousand m²/ha. The dependence of the leaf area on the sowing rate was also significant: when the sowing rate increased from 75 to 80 thousand seeds/ha, leaf area increased from 38.2 to 40.0 thousand m²/ha. It

was established that the photosynthetic potential of hybrids with FAO 250 ('Splendis' and 'ES Concord') did not differ significantly, as well as in hybrids with FAO 300 – 'MAS 36.A' and 'P8816'. **Conclusions.** All the studied factors had a significant impact on the formation of the leaf apparatus, and the variation of the maximum leaf area was 36.2% depending on the hybrid, 35.5% on fertilization and 26.2% on the sowing rate. A separate significant effect was the interaction of hybrid with fertilizer, which accounted for 1.3% of all variations, while other interactions were insignificant.

Keywords: *corn; leaf area; photosynthetic apparatus; hybrid; sowing rates.*

Надійшла / Received 04.01.2024
Погоджено до друку / Accepted 25.01.2024