

УДК 633.15:631.526:631.6 (477.72)

ФОТОСИНТЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ РОСЛИН КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

Писаренко П.В., доктор сільськогосподарських наук
Біляєва І.М., кандидат сільськогосподарських наук
Пілярський В.Г., кандидат сільськогосподарських наук
Пілярська О.О.
Інститут зрошуваного землеробства НААН, Україна

Досліджували вплив зрошення, доз мінеральних добрив та густоти стояння рослин на фотосинтетичні параметри зернової кукурудзи. Встановлено, що максимального розвитку листкова поверхня сягає в період цвітіння відповідно на всіх досліджуваних варіантах. Найвищий рівень фотосинтетичної активності рослин та урожай зерна кукурудзи зафіксовано за біологічно оптимального режиму зрошення, внесення мінеральних добрив у дозі $N_{120}P_{90}$ та густоти стояння рослин 80 тис./га.

Ключові слова: кукурудза, зрошення, мінеральні добрива, доза, густина стояння рослин, площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал, урожай

Вступ. За масштабами поширення, універсальністю використання та енергетичною поживністю кукурудза є однією з найважливіших зернофуражних культур. Для збільшення виробництва сільськогосподарської продукції, у тому числі й зерна кукурудзи, зростає значущість сучасного інтенсивного землеробства. У польових умовах при поліпшенні водопостачання і мінерального живлення та зміні густоти рослин врожай зерна кукурудзи залежить, насамперед, від швидкості формування фотосинтетичного апарату та інтенсивності і тривалості його функціонування [1, с. 23].

Фотосинтетичний апарат акумулює сонячну енергію у процесі фотосинтезу та забезпечує створення органічної речовини, що має важливе значення для накопичення біомаси. Цей показник може слугувати індикатором потенційних можливостей посіву тієї чи іншої культури і значно змінюється під впливом ґрунтово-екологічних, технологічних умов та генетичних особливостей. Вивчення морфо-фізіологічних показників гібридів кукурудзи може надати конкретні рекомендації щодо розкриття резервного потенціалу гібридів у конкретних умовах [2, с. 20].

Аналіз літературних джерел, постановка проблеми. Новітні технології агровиробництва, зокрема застосування зрошення, фону мінерального живлення, оптимізації густоти стояння, сприятимуть максимі-

зації врожайності та економічної ефективності вирощування кукурудзи. Найголовнішими факторами впливу на продуктивність рослин, що визначають можливість нормального проходження процесу фотосинтезу, є світлова сонячна енергія, температура середовища, забезпечення рослин доступною вологою та поживними речовинами [3, с. 56].

Серед чинників, що впливають на потенційну продуктивність гібридів кукурудзи при зрошенні, найбільше значення мають полив, фон мінерального живлення та норми висіву насіння. На зрошуваних землях за поєднання вологозабезпеченості з достатніми теплоенергетичними ресурсами кукурудза має найвищу зернову продуктивність порівняно з іншими культурами. Крім того, за високої культури землеробства кукурудза витрачає найменшу кількість природної або штучної вологи на отримання додаткової кількості зерна [4, с. 136]. Тому визначення параметрів водного режиму в посівах сільськогосподарських культур є одним із основних факторів формування високого врожаю [5, с. 90–91].

Мета і задачі досліджень – обґрунтування та удосконалення елементів технології вирощування в умовах зрошення півдня України гібридної кукурудзи, зокрема гібриду Крос 221М на ділянці гібридизації. Завдання досліджень – вивчити динаміку наростання площі листової поверхні, визначити показники фотосинтетичного потенціалу рослин залежно від вологозабезпечення, доз мінеральних добрив та загушення посівів.

Матеріал і методика. Досліди проводились упродовж 2009–2011 рр. у трьохпільній сівозміні відділу зрошувального землеробства Інституту зрошувального землеробства НААН на темно-каштановому середньосуглинковому ґрунті за наступною схемою дослідів: *фактор А* (умови зволоження) – без зрошення (контроль); біологічно-оптимальний (70–80–70% НВ у шарі ґрунту 0–50 см); водозберігаючий (70% НВ у шарі ґрунту 0–50 см упродовж вегетації); ґрунтозахисний (70% НВ у шарі ґрунту 0–30 см упродовж вегетації); *фактор В* (дозы мінеральних добрив) – без добрив; розрахункова доза добрив під урожай 6,0 т/га; рекомендована доза добрив $N_{120}P_{90}$; *фактор С* (густота стояння рослин) – 40 тис. шт./га; 60 тис. шт./га; 80 тис. шт./га.

Експерименти проводили з гібридом середньоранньої групи стиглості (ФАО 240) Крос 221М, який є материнською формою багатьох сучасних гібридів кукурудзи (Сиваш, Інгульський, Генічеський та ін.). Він переданий до Українського інституту експертизи сортів як простий гібрид Олешківський.

Агротехніка вирощування кукурудзи – загальноприйнята для зрошуваних земель південного Степу України. Мінеральні добрива вносили врозкид під передпосівну культивуацію згідно зі схемою дослідів. Поливи проводилися дощувальним агрегатом ДДА-100 МА.

Користувались загальновизнаними методиками проведення польових дослідів в умовах зрошення [6, 7]. Повторність дослідів чотириразова, пло-

ща посівної ділянки першого порядку – 675 м², другого порядку – 225 м², третього порядку – 50 м².

Площу листової поверхні визначали лінійним методом за двома параметрами – ширини та довжини листка (формула 1):

$$S = k \times l \times n, \quad (1)$$

де S – площа листка, см²;

k – середній поправочний коефіцієнт, рівний 0,75;

l – довжина листка, см;

n – ширина листка у найширшому місці, см.

Фотосинтетичний потенціал посіву розраховували за формулою 2:

$$\text{ФП} = \frac{(L_1 + L_2) \times n_1 + (L_2 + L_3) \times n_2 + \dots + (L_{n-1} + L_n) \times n_n}{2}, \quad (2)$$

де ФП – фотосинтетичний потенціал, м²/га × днів;

L₁, L₂, L₃ ... L_n – площа листків на 1 га посіву у відповідні строки визначення, м²/га;

n₁, n₂ ... n_n – кількість днів між двома відповідними визначеннями [8].

Обговорення результатів. Визначення площі листової поверхні та залежності цього показника від погодних умов у роки досліджень та інших факторів, що вивчались, дало можливість дослідити динаміку наростання листового апарату впродовж вегетаційного періоду.

У фазі цвітіння було проаналізовано реакцію рослин кукурудзи на режимі зрошення, застосування мінеральних добрив та густоту стояння в посіві шляхом визначення показників їхньої фотосинтетичної активності (табл. 1).

У середньому за роки досліджень площа листової поверхні максимального розвитку сягала у фазі цвітіння. Найбільшою (понад 47,0 тис. м²/га) вона виявилась на варіанті з біологічно оптимальним режимом зрошення за внесення рекомендованої дози добрив N₁₂₀P₉₀ та густоти стояння рослин 80 тис./га, а найменшою (20,8 тис. м²/га) – у варіанті без поливів і без добрив за густоти посіву 40 тис./га. Застосування мінеральних добрив позитивно вплинуло на формування асиміляційної площі в усіх досліджуваних варіантах. У середньому по фактору даний показник коливався в межах 29,0–33,4 тис. м²/га. Під дією зрошення порівняно з неполивним варіантом показник збільшився на 10,2 тис. м²/га. Найбільш різняться між собою варіанти із збільшенням густоти стояння рослин, в яких відмічено позитивну тенденцію зростання площі листової поверхні до 41,6 тис. м²/га.

Фотосинтетична діяльність посівів є домінуючою в початковій фазі росту й розвитку рослин. Роль фотосинтезу постійно зменшується, коли переважаючими стають процеси, пов'язані з формуванням репродуктивних органів та перерозподілом пластичних речовин між окремими органами рослин.

Важливим показником фотосинтетичної діяльності рослин є фотосин-

тетичний потенціал, який характеризує продуктивність функціонування листового апарату впродовж вегетаційного періоду.

У наших дослідженнях фотосинтетичний потенціал за період вегетації мав значні відмінності за різного впливу досліджуваних факторів (табл. 2).

Найбільших значень фотосинтетичний потенціал набував у варіанті з біологічно оптимальним режимом зрошення при внесенні рекомендованої дози добрив $N_{120}P_{90}$ та густоті стояння 80 тис./га – 2218,1 тис. $m^2 \times дїб$. У середньому по факторах, що вивчали, штучне зволоження обумовило зростання фотосинтетичного потенціалу кукурудзи на 12,2–20,1%, внесення різних доз мінеральних добрив – на 8,7–11,8%, а загушення посіву з 40 до 60–80 тис./га рослин – на 20,9–35,1%, відповідно.

Урожайність гібриду кукурудзи Крос 221М на ділянці гібридизації коливалася за роками досліджень від 3,89 до 9,10 т/га залежно від режимів зрошення, фону мінерального живлення та густоти стояння рослин (табл. 3).

Таблиця 1

Площа листової поверхні (тис. m^2 /га) рослин кукурудзи залежно від факторів А, В, С (середнє за 2009–2011 рр.)

Режим зволоження (фактор А)	Фон мінерального живлення (фактор В)	Площа листової поверхні (тис. m^2 /га) за густоти стояння рослин (тис./га) (фактор С)			Середнє по фактору А	Середнє по фактору В
		40	60	80		
Без зрошення	без добрив	20,8	25,9	27,6	25,5	29,6
	розрахункова доза	21,7	26,4	29,2		33,1
	рекомендована $N_{120}P_{90}$	22,1	27,6	30,4		34,7
Біологічно оптимальний 70–80–70% НВ у шарі 0–50 см	без добрив	29,7	35,6	41,8	37,9	
	розрахункова доза	31,9	37,8	45,9		
	рекомендована $N_{120}P_{90}$	33,2	38,1	47,3		
Водозберігаючий 70–70–70% НВ у шарі 0–50 см	без добрив	24,3	29,0	36,2	33,9	
	розрахункова доза	27,3	35,3	41,8		
	рекомендована $N_{120}P_{90}$	30,9	36,9	43,7		
Ґрунтозахисний 70–70–70% НВ у шарі 0–30 см	без добрив	23,0	28,3	32,9	32,2	
	розрахункова доза	25,5	33,5	40,6		
	рекомендована $N_{120}P_{90}$	28,8	34,8	42,5		
Середнє по фактору С		26,6	32,4	38,3		
НІР ₀₅ : фактор А – 0,53; фактор В – 0,88; фактор С – 0,55						

Таблиця 2

**Фотосинтетичний потенціал посіву гібридів кукурудзи
залежно від факторів А, В, С (середнє за 2009–2011 рр.)**

Режим зволоження (фактор А)	Фон мінерального живлення (фактор В)	Фотосинтетичний потенціал посіву (тис. м ² ×діб) за густоти стояння рослин (тис./га) (фактор С)			Середнє по факторах	
		40	60	80	А	В
Без зрошення	без добрив	1068,4	1348,9	1570,1	1469,8	1391,8
	розрахункова доза	1117,1	1379,0	1682,6	1609,9	
	рекомендована N ₁₂₀ P ₉₀	1149,7	1471,0	1739,4	1665,7	
Біологічно оптимальний 70–80–70% НВ у шарі 0–50 см	без добрив	1269,0	1543,6	2056,0	1743,9	1743,9
	розрахункова доза	1377,4	1784,9	2214,5		
	рекомендована N ₁₂₀ P ₉₀	1408,0	1824,2	2218,1		
Водозберігаючий 70–70–70% НВ у шарі 0–50 см	без добрив	1128,7	1444,2	1808,5	1606,8	1606,8
	розрахункова доза	1245,0	1657,9	2000,8		
	рекомендована N ₁₂₀ P ₉₀	1332,1	1775,9	2068,5		
Ґрунтозахисний 70–70–70% НВ у шарі 0–30 см	без добрив	1251,5	1414,0	1734,7	1584,5	1584,5
	розрахункова доза	1296,8	1592,2	1970,3		
	рекомендована N ₁₂₀ P ₉₀	1316,8	1679,8	2004,7		
Середнє по фактору С		1246,7	1576,3	1922,3		
НІР ₀₅ : фактор А – 25,6; фактор В – 45,4; фактор С – 28,6						

Дослідженнями встановлено, що у варіантах без зрошення врожайність зерна гібриду Крос 221М становила 3,89–5,11 т/га залежно від внесення мінеральних добрив та густоти рослин. Застосування вегетаційних поливів сприяло суттєвому збільшенню врожаю зерна кукурудзи (на 1,95–2,79 т/га, або на 47,8–59,9%).

Так, за біологічно оптимального режиму зрошення (70–80–70% НВ у шарі ґрунту 0–50 см) у середньому по фактору врожай становив 7,45 т/га, тоді як у варіантах з режимом зрошення 70–70–70% НВ у шарі ґрунту 0–50 см отримано 6,61 т/га зерна, а на ділянках з поливом 70–70–70% НВ у шарі ґрунту 0–30 см – 7,35 т/га.

Застосування добрив у середньому по фактору забезпечило приріст урожаю зерна гібриду Крос 221М порівняно з неудобреним варіантом на 1,3–1,41 т/га. Загущення посівів ділянок гібридизації з 40 до 60 та 80 тис./га підвищило врожай на 0,81–1,44 т/га.

Висновки. Максимального розвитку листкова поверхня досягла в період цвітіння відповідно на всіх досліджуваних варіантах.

Таблиця 3

**Урожай зерна кукурудзи на ділянках гібридизації
залежно від досліджуваних факторів (2009–2011 рр.)**

Режим зволоження (фактор А)	Фон мінерального живлення (фактор В)	Урожайність (т/га) за густоти стояння рослин (тис./га) (фактор С)			Середнє по фактору	
		40	60	80	А	В
Без зрошення	без добрив	3,89	4,11	4,61	4,66	5,77
	розрахункова доза	4,58	4,93	5,23		7,07
	рекомендована N ₁₂₀ P ₉₀	4,63	4,81	5,11		7,18
Біологічно оптимальний 70–80–70% НВ у шарі ґрунту 0–50 см	без добрив	5,65	6,17	6,98	7,45	
	розрахункова доза	7,00	8,13	8,92		
	рекомендована N ₁₂₀ P ₉₀	6,96	8,16	9,10		
Водозберігаючий 70–70–70% НВ у шарі ґрунту 0–50 см	без добрив	5,68	6,26	6,99	6,61	
	розрахункова доза	6,68	7,66	8,44		
	рекомендована N ₁₂₀ P ₉₀	6,79	7,85	8,73		
Ґрунтозахисний 70–70–70% НВ у шарі ґрунту 0–30 см	без добрив	5,59	6,50	6,81	7,35	
	розрахункова доза	6,76	7,97	8,51		
	рекомендована N ₁₂₀ P ₉₀	6,82	8,23	8,93		
Середнє по фактору С		5,92	6,73	7,36		
НІР ₀₅ , т/га: фактор А – 0,37; фактор В – 0,41; фактор С – 0,39						

Найбільшого значення вона набула у варіанті з біологічно оптимальним режимом зрошення при внесенні рекомендованої дози N₁₂₀ P₉₀ та густоті 80 тис./га, перевищивши 47 тис. м²/га.

Фотосинтетичний потенціал значно різнився за досліджуваними варіантами. Найбільших значень він набув у варіанті з біологічно оптимальним режимом зрошення при внесенні рекомендованої норми добрив N₁₂₀ P₉₀ та густоті стояння рослин 80 тис./га.

Оптимальне зволоження посівів кукурудзи забезпечило найвищу середню врожайність зерна (7,45 т/га). Поливи за передполивного порогу вологості 70–70–70% НВ у 0–30 та 0–50 см шарах ґрунту знизили врожайність у середньому по фактору на 0,1–0,84 т/га. Застосування добрив забезпечило приріст урожаю зерна кукурудзи порівняно з неудобреним варіантом у середньому по фактору на 1,3–1,41 т/га. Загущення посівів ділянок гібридизації з 40 до 60 та 80 тис./га сприяло підвищенню врожаю в середньому по фактору на 0,81–1,44 т/га.

Список використаних джерел

1. Ничипорович А.А. Основы фотосинтетической продуктивности растений / А.А. Ничипорович // Современные проблемы фотосинтеза. – М.: МГУ, 1973. – С. 5–28.
2. Морфофізіологічні показники продукційного процесу та врожай насіння материнської форми гібриду кукурудзи Борисфен 433 МВ в умовах зрошення / Б.В. Дзюбецький, В.А. Писаренко, Ю.О. Лавриненко, С.В. Коковіхін // Бюл. Ін-ту зерн. господарства УААН. – Дніпропетровськ, 2000. – № 14. – С. 20–22.
3. Кукурудза на зрошуваних землях півдня України: монографія / Ю.О. Лавриненко, Р.А. Вожегова, С.В. Коковіхін [та ін.]; за ред. член-кор. УААН Ю.О. Лавриненка. – Херсон: Айлант, 2011 – 468 с.
4. Селекційно-технологічні аспекти підвищення стійкості виробництва зерна кукурудзи в умовах південного Степу / Ю.О. Лавриненко, С.В. Коковіхін, В.Г. Найдьонов, О.О. Нетреба // Бюл. Ін-ту зерн. господарства УААН. – Дніпропетровськ, 2006. – № 28–29. – С. 136–143.
5. Маляр М.М. Водний режим вихідних форм кукурудзи в залежності від добрив і густоти рослин / М.М. Маляр // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Миколаїв, 1999. – Вип. 2. – С. 90–92.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 350 с.
7. Горянский М.М. Методика полевых опытов на орошаемых землях / М.М. Горянский – К.: Урожай, 1970. – 83 с.

References

1. Nichiporovich AA. Fundamentals of the photosynthetic productivity of plants. Modern Problems of Photosynthesis. Moscow: MSU; 1973. P. 5-28.
2. Dziubetskyi BV, Pysarenko VA, Lavrynenko YuO, Kokovikhin SV. Morphophysiological indicators of the production process and seed yield of the maternal form of corn hybrid Borysfen 433 MW under irrigation. Bulletin of the Institute of Grain Farming of UAAS. Dnipropetrovsk. 2000; 14:20-22.
3. Lavrynenko YuO, Vozhehova RA, Kokovikhin SV, Pysarenko PV, Naidionov VH. Corn on Irrigated Lands of South of Ukraine: Monograph. Ed. by Lavrynenko YuO. Kherson: Ailant; 2011. 468 p.
4. Lavrynenko YuO, Kokovikhin SV, Naidionov VH, Netreba OO. Selection and technological aspects of increase stability of corn production in the conditions of southern Steppe. Bulletin of the Institute of Grain Farming of UAAS. Dnipropetrovsk. 2006; 28-29:136-143.
5. Maliar MM. Water mode of output forms of corn depending on fertilizer and plant density. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. 1999; 2:90-92.

6. Dospekhov BA. Methods of field experiments. Moscow: Agropromizdat; 1985. 350 p.

7. Gorianskyi MM. Method of Field Experiments on Irrigated Lands. K.: Urozhai; 1970. 83 p.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ

Писаренко П.В., доктор сельскохозяйственных наук

Беляева И.Н., кандидат сельскохозяйственных наук

Пилярский В.Г., кандидат сельскохозяйственных наук

Пилярская Е.А.

Институт орошаемого земледелия НААН, Украина

Цель. Определить влияние орошения, внесения удобрений и густоты посевов на фотосинтетические параметры зерновой кукурузы.

Материал и методика. В 2009–2011 гг. в трехпольном севообороте отдела орошаемого земледелия Института орошаемого земледелия НААН изучали динамику листовой поверхности кукурузы в зависимости от увлажнения, доз минеральных удобрений и густоты стояния растений. Эксперименты проводили с гибридом среднеранней группы спелости Крос 221М. Агротехника возделывания – общепринятая для орошаемых земель южной Степи Украины.

Результаты. На орошаемых землях наивысшая зерновая продуктивность кукурузы обеспечивается при сочетании оптимальных режимов орошения, доз минеральных удобрений и густоты стояния растений с достаточным количеством теплоэнергетических ресурсов.

Установлено, что максимального развития листовая поверхность достигает в период цветения на всех исследуемых вариантах. Самый высокий уровень фотосинтетической деятельности растений кукурузы зафиксирован при биологически оптимальном режиме орошения (70–80–70% НВ в слое почвы 0–50 см), внесении удобрений в дозе $N_{120}P_{90}$ и густоте посева 80 тыс./га. На этом же варианте получен наивысший урожай зерна гибрида кукурузы Крос 221М, который превышал 9 т/га.

Ключевые слова: кукуруза, орошение, удобрение, густота стояния растений, площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал

PHOTOSYNTHETIC POTENTIAL OF CORN PLANTS DEPENDING ON GROWING CONDITIONS

Pysarenko P.V., Doctor of Agricultural Sciences
Biliaieva I.M., Candidate of Agricultural Sciences
Piliarskyi V.H., Candidate of Agricultural Sciences
Piliarska O.O.
Institute of Irrigated Agriculture of NAAS, Ukraine

Aim. To determine the effects of irrigation, fertilization and planting density on photosynthetic parameters of grain corn.

Material and methods. In 2009-2011 the dynamics of corn leaf area depending on moisture, doses of mineral fertilizers and plant density was studied. In three-field crop rotation at Irrigated Agriculture Department of the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS Experiments were carried out with hybrid Cros 221M of medium early maturity group. Farming cultivation was common for the irrigated lands of southern Steppe of Ukraine.

Results. On irrigated lands the highest grain productivity of corn is provided with a combination of optimal irrigation schedules, doses of mineral fertilizers and plant density with a sufficient amount of heat and power resources.

It is established that leaf surface reaches the maximum development during flowering for all variants studied. The highest photosynthetic activity of maize plants was recorded at biologically optimal irrigation regime (70–80–70% HB in 0–50 cm depth), applying $N_{120}P_{90}$ and canopy density of 80,000/ha. In the same options, the highest grain yield of hybrid Cros 221 M was achieved with above 9 t/ha.

Key words: *corn, irrigation, fertilizer, plant density, leaf area, photosynthetic potential*