

ОСОБЛИВОСТІ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЛІНІЙ – БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕНТІВ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

СКАКУН В.М. – здобувач ступеня доктора філософії
orcid.org/0009-0004-4697-9303

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

МАРЧЕНКО Т.Ю. – доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0001-6994-3443

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ЗАВАЛЬНЮК О. І. – завідувач сектору науково-економічних досліджень
відділу науково-організаційної роботи
<https://orcid.org/0000-0001-5059-2559>

Український інститут експертизи сортів рослин

Постановка проблеми. Кукурудза має розвинений фотосинтетичний апарат, за допомогою якого здійснює накопичення органічної речовини із неорганічної під впливом сонячної енергії. Рослина в онтогенезі функціонує як складна система, де забезпечується баланс між надземною частиною і кореннями у використанні води, елементів живлення та обміну поживних речовин. Головні складові високої врожайності – продуктивність окремої рослини та кількість рослин на одиниці площі. Надмірне загущення призводить до посилення конкуренції між рослинами за світло, воду та живлення, в той же час у зрідженому посіві продуктивність окремої рослини може бути максимальною для даного генотипу, проте загальна врожайність може зменшуватись. При оптимізації продукційних процесів і формування максимального можливого врожаю кукурудзи важливу роль відіграє розмір листового апарату рослин, який акумулює сонячну радіацію у процесі фотосинтезу та забезпечує створення органічної речовини. Продуктивність фотосинтезу залежить від площі листової поверхні рослин, що регулюється створенням оптимальної структури посіву завдяки густоті рослин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Архітектоніка рослини є важливим фактором, що визначає врожайність багатьох культур в результаті міжрослинної конкуренції за розподіл і поглинання світла, особливо в щільній популяції [1]. Процес фотосинтезу у багатьох гібридів кукурудзи (*Zea mays* L.) покращується, коли індекс площі листя збільшується, доки не досягне приблизно 4, але погіршується з подальшим збільшенням індексу [2]. Відповідно урожайність зерна кукурудзи зі збільшенням густоти рослин спочатку зростає, а потім зменшується. Сучасні гібриди кукурудзи, які мають прямостоячі листки над качаном і горизонтально розміщені листки під качаном, витримують високу густоту рослин, тому дають кращий урожай [3]. Ці сорти отримали широке визнання через вищу врожайність, але вона виявилась нижчою, ніж очікувалося у деяких регіонах, де сонячне випромінювання

обмежене, особливо в критичні періоди, такі як періоди цвітіння або наливу зерна. Зменшення сонячної радіації може уповільнити подовження міжвузлів [4], зменшити фотосинтез листя та призвести до поганого зав'язування зерна кукурудзи [5]. Архітектоніка рослини впливає на фотосинтез в листках та врожайність зерна [6; 8]. Таким чином, оптимізація густоти рослин може бути методом підвищення врожайності кукурудзи.

Продукти фотосинтезу, які забезпечують врожайність кукурудзи, виробляються здебільшого п'ятьма або шістьма листками біля і над качаном [9], але ці листки значною мірою затінені при високій густоті рослин, що призводить до зниження продуктивності. Видалення двох верхніх листків за високої їх щільності було ефективним способом підвищення врожайності кукурудзи в результаті збільшення кількості зерен в качані та збільшення кількості качанів на одиниці площі [10]. Зав'язування насіння та ріст зерен у кукурудзи тісно пов'язані з перехопленням світла під час періоду цвітіння та з виробництвом асиміляції та транслокацією під час періоду наливу зерна (відношення джерело-поглинач) [11].

Листя є основними фотосинтетичними органами більшості рослин [12; 13]. Варіації в ініціації листя та подальшому рості призводять до різних форм і розмірів листя [14]. Форма, анатомія, орієнтація та багато інших функціональних ознак листя визначають ріст рослин, а також транспорт і поглинання поживних речовин [15; 16], тому дослідниками такий морфологічний індекс, як площа листя, використовувався для вимірювання фізіологічного стану рослин, що ростуть у різних середовищах [17]. Площа листя може бути одним із найважливіших показників, пов'язаних із ростом і розвитком рослин у різних середовищах [18], оскільки він може забезпечити прямий зв'язок із фотосинтетичною здатністю та з рівнем урожайності [19].

Для оптимізації продукційного процесу та формування максимально можливого врожаю кукурудзи важливу роль відіграє розмір листового апарату рослин, який акумулює сонячну радіацію у процесі

фотосинтезу та забезпечує синтез органічних речовин [20], адже встановлено, що втрата рослинами 25% листків на всіх стадіях розвитку, окрім періоду «викидання волоті – молочна стиглість», призводить до зменшення врожайності зерна на 10% [21].

Мета – встановити особливості фотосинтетичної діяльності ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи залежно від генотипу, групи стиглості, щільності ценозу та кореляційно-регресійні залежності.

Матеріали та методика досліджень. Польові досліді проводили впродовж 2019–2021 рр. в сільськогосподарському виробничому кооперативі «ПЕРЕМОГА» (с. Клепачі, Хорольський р-н, Полтавська обл.) в агроекологічній зоні Центральний Лісостеп. Клімат Центрального Лісостепу помірно-континентальний, із порівняно м'якою, малосніжною зимою та теплим, помірно вологим літом. За даними відділу агрометеорології Гідрометцентру середня температура повітря за рік становить 7,6–9,3°C. Зимовий період триває в середньому 80–105 днів – з кінця лис-

топада до кінця лютого-початку березня, коли починається весна. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий. Агротехніка вирощування сортів кукурудзи в досліді була загальноприйнятною для Лісостепої зони України. Попередник – соя. Дослідження проведені згідно методики польового досліді для зрошуваного землеробства, статистичну обробку результатів досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу [18; 19].

Об'єктом досліджень слугували наступні компоненти гібридів. Лінія ОР–26А (ФАО 240) – материнська форма гібриду Зедан 26 (ФАО 240), плазма Змішана. Лінія АВ–20Б (ФАО 260) – батьківська форма гібридів Зедан 26 (ФАО 240) та Зедан 28 (ФАО 260), плазма Змішана. Лінія ОР–28А (ФАО 260) – материнська форма гібриду Зедан 28 (ФАО 260), плазма Змішана. Лінія ОР–32А (ФАО 320) – материнська форма гібриду Зедан 32 (ФАО 320), плазма Змішана. Лінія АВ–30Б (ФАО 320) – батьківська форма гібриду Зедан 32 (ФАО 320), плазма Змішана.

Таблиця 1 – Площа асиміляційної поверхні однієї рослини ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи у фазу цвітіння залежно від факторів досліді, м²/рослину (середнє за 2019–2021 рр.)

Лінія – батьківський компонент (фактор А)	Густота рослин, тис./га (фактор В)				В середньому а фактором А
	70	80	90	100	
ОР–26А (ФАО 240)	0,349	0,339	0,331	0,325	0,336
АВ–20Б (ФАО 260)	0,409	0,394	0,386	0,378	0,392
ОР–28А (ФАО 260)	0,463	0,442	0,432	0,421	0,440
ОР–32А (ФАО 320)	0,471	0,452	0,438	0,431	0,448
АВ–30Б (ФАО 320)	0,499	0,474	0,461	0,458	0,473
Середнє за фактором В	0,438	0,420	0,410	0,403	0,418
Оцінка істотності часткових відмінностей					
HIP_{05} , м ² /рослину	А=0,031; В=0,028				

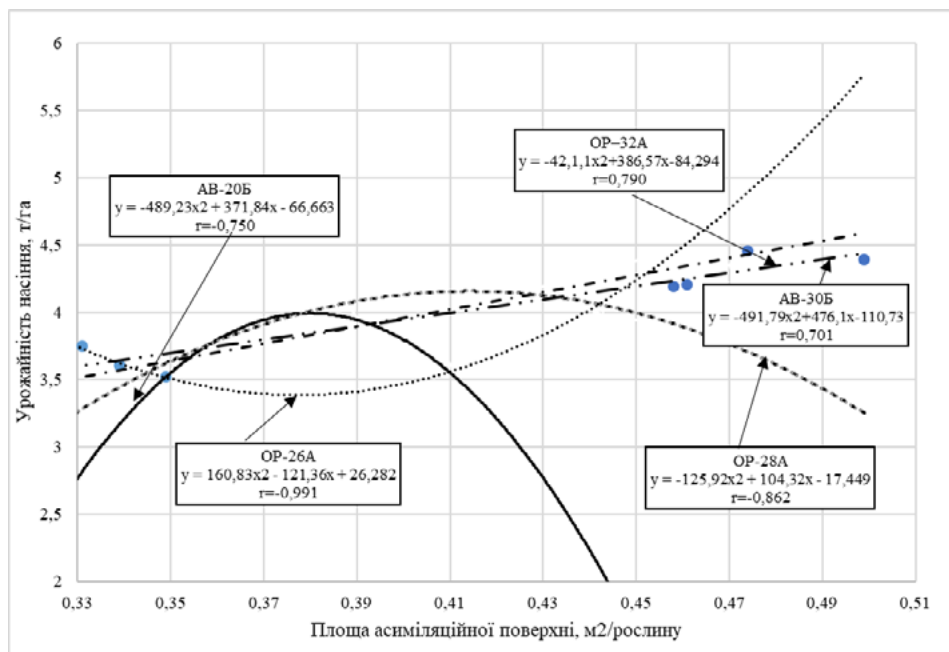


Рис. 1. Кореляційно-регресійні моделі залежності урожайності насіння ліній – батьківських компонентів та площі асиміляційної поверхні за різних густот

Таблиця 2 – Листковий індекс ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи у фазу цвітіння залежно від факторів досліджу (середнє за 2019–2021 рр.)

Лінія – батьківський компонент (фактор А)	Густота рослин, тис./га (фактор В)				В середньому за фактором А
	70	80	90	100	
ОР–26А (ФАО 240)	2,44	2,71	2,98	3,25	2,85
АВ–20Б (ФАО 260)	2,86	3,15	3,47	3,78	3,32
ОР–28А (ФАО 260)	3,24	3,54	3,89	4,21	3,72
ОР–32А (ФАО 320)	3,30	3,62	3,94	4,31	3,79
АВ–30Б (ФАО 320)	3,49	3,79	4,15	4,58	4,00
Середнє за фактором В	3,07	3,36	3,69	4,03	
Оцінка істотності часткових відмінностей					
НІР ₀₅	А= 2,2; В=1,3				

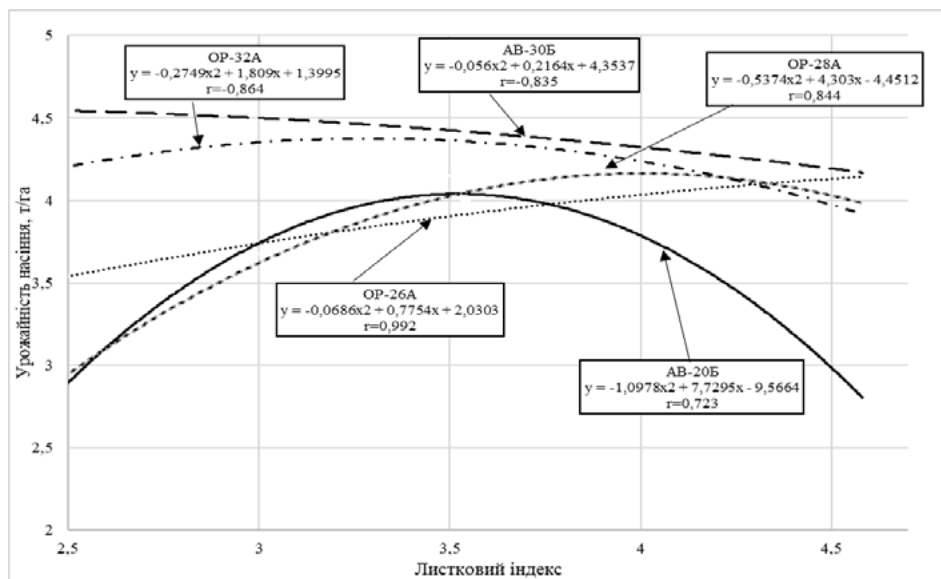


Рис. 2. Кореляційно-регресійні моделі залежності урожайності насіння ліній – батьківських компонентів та листового індексу за різних густот

Результати досліджень. Площа листової поверхні посіву була досить мінливою і значною мірою залежала від досліджуваних чинників (табл. 1).

Генотип лінії впливав на площу листової поверхні. Найбільша площа листків у рослин кукурудзи у середньому становила 0,473 м²/рослину у середньостиглої лінії АВ–30Б (ФАО 320), найменша площа була у лінії ОР–26А (ФАО 240) і дорівнювала 0,336 м²/рослину. Це можливо пов'язано як з тривалістю вегетації, так і морфологічними особливостями габітусу цієї лінії. Зменшення площі асиміляційного апарату однієї рослини від загущення посівів з 70 до 100 тис. рослин/га склало 0,035 м²/рослину, або 8,0%. Максимальна площа листової поверхні спостерігалась у лінії АВ–30Б (ФАО 320) за густоти 70 тис. рослин/га – 0,499 м²/рослину.

Установлено сильний позитивний кореляційний зв'язок між ознаками урожайності насіння ліній – батьківських компонентів та площі асиміляційної поверхні за різних густот, коефіцієнти кореляції знаходились в межах від 0,701 до 0,991 (рис. 1). Кореляційно-регресійні залежності носили криволінійний характер. Це свідчить про те,

що максимальна реалізація генетичного потенціалу урожайності можлива лише в межах оптимуму чинників її детермінації.

Разом з тим варто зазначити, що підвищення площі листової поверхні у ценозі не завжди є позитивним, оскільки у разі загущення посівів можливе затінення нижніх листків верхніми і, як наслідок, погіршення освітленості та зменшення інтенсивності фотосинтезу посіву [24]. Саме тому нами було досліджено зміни листового індексу, який характеризує фотосинтетичну активність посіву.

Листкові індекси коливалися від мінімальних значень у середньоранньої лінії ОР–26А (ФАО 240) 2,44–3,25 до максимальних значень у середньостиглої лінії АВ–30Б (ФАО 320) 3,49–4,58 залежно від густоти рослин (табл. 2).

Максимальні значення листового індексу у фазу цвітіння качанів спостерігали у ліній ОР–32А та АВ–30Б (від 3,30–3,49 за густоти 70 тис. рослин/га до 4,31–4,58 за густоти 100 тис. рослин / га).

Це узгоджується з даними інших дослідників щодо більшої площі асиміляційної поверхні пізньостиглих сортів, за умови, що оптимальний індекс

Таблиця 3 – Фотосинтетичний потенціал ліній – батьківських компонентів за вегетацію, тис. м²* діб (середнє за 2019–2021 рр.)

Лінія – батьківський компонент (фактор А)	Густота рослин, тис./га (фактор В)				В середньому за фактором А
	70	80	90	100	
ОР–26А (ФАО 240)	1708,8	1823,4	1932,8	2086,4	1887,9
АВ–20Б (ФАО 260)	1867,3	1967,3	2087,4	2272,0	2048,5
ОР–28А (ФАО 260)	2030,6	2134,4	2236,5	2463,7	2216,3
ОР–32А (ФАО 320)	2546,5	2653,1	2732,4	2831,4	2690,9
АВ–30Б (ФАО 320)	2654,0	2769,4	2909,0	3021,5	2838,5
Середнє за фактором В	2161,4	2269,5	2379,6	2535,0	2336,4
Оцінка істотності часткових відмінностей					
НІР ₀₅ , тис. м ² * діб	А=105,4; В=85,5				

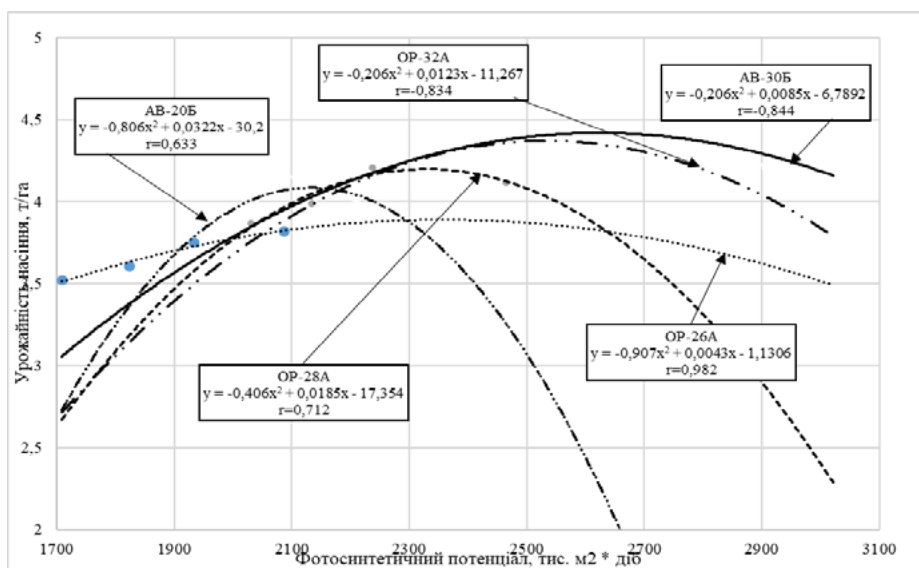


Рис. 3. Кореляційно-регресійні моделі залежності урожайності насіння ліній – батьківських компонентів та фотосинтетичного потенціалу за різних густот

листвої поверхні для кукурудзи на зерно становить 3–4, на силос – 3–6 [25].

Більші значення листового індексу рослин батьківських компонентів всіх груп стиглості, на відміну від площі листків однієї рослини, відмічено за густоти 100 тис. рослин/га (3,25–4,58, у середньому 4,03), а найменшу – за густоти 70 тис. рослин/га (2,44–3,49, у середньому 3,07). Отже, загушення посівів збільшувало площу асиміляційної поверхні посіву.

З метою з'ясування чи пов'язана зернова продуктивність кукурудзи з листовим індексом посіву, було розраховано тісноту кореляційного зв'язку (рис. 3). Коефіцієнт кореляції між листовим індексом і урожайністю насіння показав у більш скоростиглих ліній позитивний зв'язок: у лінії ОР–26А (ФАО 240) $r = 0,992$, у лінії АВ–20Б (ФАО 260) $r = 0,723$, у лінії ОР–28А (ФАО 260) $r = 0,844$. У більш пізньостиглих ліній ОР–32А (ФАО 320) та АВ–30Б (ФАО 320) спостерігався негативний зв'язок: $r = -0,864$ та $r = -0,835$.

Криволінійна залежність врожаю з листовим індексом посіву засвідчує, що зростання листового

індексу в умовах нашого експерименту має певні межі: після перевищення величини 3,7 насіннева продуктивність знижується.

Фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи збільшувався з подовженням тривалості періоду вегетації і досягав максимальних показників у середньостиглої лінії АВ–30Б (ФАО 320) за щільності посіву 100 тис. рослин/га – 3521,5 тис. м²*діб (табл. 3).

Максимальний фотосинтетичний потенціал посівів ліній кукурудзи всіх груп ФАО спостерігався при загущенні посівів до 100 тис. рослин/га – від 2086,4 тис. м²*діб (лінія ОР–26А) до 3021,5 тис. м²*діб (лінія АВ–30Б), що прямо пов'язано з тривалістю вегетації батьківських компонентів.

Коефіцієнт кореляції між фотосинтетичним потенціалом і урожайністю насіння показав у більш скоростиглих ліній позитивний зв'язок: у лінії ОР–26А (ФАО 240) $r = 0,982$, у лінії АВ–20Б (ФАО 260) $r = 0,633$, у лінії ОР–28А (ФАО 260) $r = 0,712$, у більш пізньостиглих ліній ОР–32А (ФАО 320) та АВ–30Б (ФАО 320) спостерігався негативний взаємозв'язок: $r = -0,834$ та $r = -0,844$ відповідно (рис. 3).

Позитивний коефіцієнт показує на вплив фотосинтетичного потенціалу на урожайність. Спостерігалось різке зниження врожайності при збільшенні фотосинтетичного потенціалу від 2500 тис. м²* діб. Це свідчить про те, що збільшення фотосинтетичного потенціалу ценозу кукурудзи агротехнічними способами не завжди може гарантувати синхронне зростання урожайності у ліній – батьківських компонентів, тому, для кожної батьківської лінії кукурудзи, залежно від генотипових особливостей, повинен бути оптимум щільності ценозу посіву, що забезпечує максимальну ефективність продуктивності фотосинтетичного потенціалу.

Висновки. Для оптимізації продукційного процесу та формування максимально можливого врожаю кукурудзи важливу роль відіграє розмір листового апарату рослин, який акумулює сонячну радіацію у процесі фотосинтезу та забезпечує синтез органічних речовин.

Зменшення площі асиміляційного апарату однієї рослини ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи від загущення посівів з 70 до 100 тис. рослин/га склало 0,035 м²/рослину, або 8,0%. Максимальна площа листової поверхні спостерігалась у лінії АВ–30Б (ФАО 320) за густоти 70 тис. рослин/га – 0,499 м²/рослину. При цьому встановлено сильний позитивний кореляційний зв'язок між ознаками урожайності насіння та площі асиміляційної поверхні за різних густот, коефіцієнти кореляції знаходились в межах від 0,701 до 0,991, однак максимальна реалізація генетичного потенціалу урожайності можлива лише в межах оптимуму чинників її детермінації.

Підвищення площі листової поверхні у ценозі не завжди є позитивним, оскільки у разі загущення посівів можливе затінення нижніх листків верхніми і, як наслідок, погіршення освітленості та зменшення інтенсивності фотосинтезу посіву. Листкові індекси коливались від мінімальних значень у середньоранньої лінії ОР–26А (ФАО 240) 2,44–3,25 до максимальних значень у середньостиглої лінії АВ–30Б (ФАО 320) 3,49–4,58. Загущення посівів збільшувало площу асиміляційної поверхні посіву: більші значення листового індексу рослин батьківських компонентів всіх груп стиглості, на відміну від площі листків однієї рослини, відмічено за густоти 100 тис. рослин/га (3,25–4,58, у середньому 4,03), а найменшу – за густоти 70 тис. рослин/га (2,44–3,49, у середньому 3,07). Коефіцієнт кореляція між листовим індексом і урожайністю насіння показав у більш скоростиглих ліній позитивний зв'язок, у більш пізньостиглих ліній – негативний зв'язок. Фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи збільшувався з подовженням тривалості періоду вегетації. Разом з тим, спостерігалось різке зниження врожайності при збільшенні фотосинтетичного потенціалу від 2500 тис. м²* діб. Збільшення фотосинтетичного потенціалу ценозу кукурудзи агротехнічними способами не завжди може гарантувати синхронне зростання урожайності у ліній – батьківських компонентів, тому, для кожної батьківської лінії кукурудзи, залежно від генотипових особливостей, повинен

бути оптимум щільності ценозу посіву, що забезпечує максимальну ефективність продуктивності фотосинтетичного потенціалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Vazin F., Hassanzadeh M., Madani A., Nassiri-Mahallati M., Nasri M. Modeling light interception and distribution in mixed canopy of common cocklebur (*Xanthium strumarium*) in competition with corn. *Planta Daninha*. 2010. Vol. 28. P. 455–462.
2. William W.A., Loomis R.S., Duncan W.G., Dovrat A., Nunez A. Canopy architecture at various population densities and the growth and grain yield of corn. *Crop Sci*. 1968. Vol. 8. P. 303–308.
3. Tokatlidis I. S., Koutroubas S. D. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. *Field Crops Res*. 2004. Vol. 88. P. 103–114.
4. Fournier C., Andrieu B. Dynamics of the elongation of internodes in maize (*Zea mays* L.), effects of shade treatment on elongation patterns. *Ann. Bot*. 2000. Vol. 86. P. 1127–1134.
5. Setter T. L., Flannigan B. A., Melkonian J. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize. *Crop Sci*. 2001. Vol. 41. P. 1530–1540.
6. Stewart D., Costa C., Dwyer L., Smith D., Hamilton R., Ma B. Canopy structure, light interception, and photosynthesis in maize. *Agron. J*. 2003. Vol. 95. P. 1465–1474.
7. Buck-Sorlin G., de Visser P. H., Henke M., Sarlikioti V., van der Heijden G. W., Marcelis L. F., Vos J. Towards a functional-structural plant model of cut-rose: simulation of light environment, light absorption, photosynthesis and interference with the plant structure. *Ann. Bot*. 2011. Vol. 108. P. 1121–1134.
8. Sarlikioti V., de Visser P. H., Marcelis L. F. Exploring the spatial distribution of light interception and photosynthesis of canopies by means of a functional-structural plant model. *Ann. Bot*. 2011. Vol. 107. P. 875–883.
9. Subedi K. D., Ma B. L. Ear position, leaf area, and contribution of individual leaves to grain yield in conventional and leafy maize hybrids. *Crop Sci*. 2005. Vol. 45. P. 2246–2257.
10. Liu T. N., Gu L. M., Dong S. T., Zhang J. W., Liu P., Zhao B. Optimum leaf removal increases canopy apparent photosynthesis, 13C-photosynthate distribution and grain yield of maize crops grown at high density. *Field Crops Res*. 2015. Vol. 170. P. 32–39.
11. Lizaso J. I., Batchelor W. D., Westgate M. E. A leaf area model to simulate cultivar-specific expansion and senescence of maize leaves. *Field Crops Res*. 2003. Vol. 80. P. 1–17.
12. Wright I. J., Reich P. B., Westoby M. et al. The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*. 2004. Vol. 428. P. 821–827.
13. Crosbie R. S., Wilson B., Hughes J. D., McCulloch C. The upscaling of transpiration from individual trees to areal transpiration in tree belts. *Plant and Soil*. 2007. Vol. 297. P. 223–232.
14. Byrne M., Timmermans M., Kidner C., Martienssen R. Development of leaf shape. *Current Opinion in Plant Biology*. 2001. Vol. 4. P. 38–43.

15. Blanco F. F., Folegatti M. V. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. *Scientia Agricola*. 2005. Vol. 62. P. 305–309.
16. Daas-Ghrib C., Montpied P., Ksontini M., Dreyer E. Functional relationships between leaf structure and photosynthetic traits as modulated by irradiance and nutrient availability in a sclerophyllous and a non-sclerophyllous mediterranean oak species. *European Journal of Forest Research*. 2011. Vol. 130. P. 503–512.
17. Niklas K. J., Christianson M. L. Differences in the scaling of area and mass of *Ginkgo biloba* (Ginkgoaceae) leaves and their relevance to the study of specific leaf area. *American Journal of Botany*. 2011. Vol. 98. P. 1381–1386.
18. Wright I. J., Dong N., Maire V. et al. Global climatic drivers of leaf size. *Science*. 2017. Vol. 357. P. 917–921.
19. Shi P. J., Li Y. R., Hui C., Ratkowsky D. A., Yu X. J., Niinemets Ü. Does the law of diminishing returns in leaf scaling apply to vines? – Evidence from 12 species of climbing plants. *Global Ecology and Conservation*. 2020. Vol. 21. e00830.
20. Гадзало Я. М., Вожегова Р. А., Коковіхін С. В., Біляева І. М., Дробітько А. В. Наукове обґрунтування технологій вирощування кукурудзи на зрошуваних землях із урахуванням гідротермічних чинників і змін клімату. *Зрошуване землеробство*. 2020. Вип. 73. С. 21–26. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.3>.
21. Молдован Ж. А. Молдован В. Г. Вплив мінерального живлення на формування площі листкової поверхні рослинами кукурудзи в умовах Лісостепу Західного. *Зрошуване землеробство*. 2022. Вип. 77. С. 68–72. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.15>.
22. Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : монографія. Херсон: Айлант, 2009. 372 с.
23. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового дослідження (Зрошуване землеробство). Херсон: Гринь Д. С., 2014. 448 с.
24. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Забара П. П. Вплив елементів технологій вирощування на площу асиміляційної поверхні посівів ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи в умовах зрошення. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 12. С. 51–58. <http://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-07>.
25. Чернобай Л. Особливості росту кукурудзи в літній період. *Пропозиція*. 2019. № 7. С. 10–13.
- and its implications for crop yield stability. *Field Crops Res*, 88, 103–114
4. Fournier, C. & Andrieu, B. (2000). Dynamics of the elongation of internodes in maize (*Zea mays* L.), effects of shade treatment on elongation patterns. *Ann. Bot*, 86, 1127–1134
5. Setter, T.L., Flannigan, B.A., & Melkonian, J. (2001). Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize. *Crop Sci*, 41, 1530–1540
6. Stewart, D., Costa, C., Dwyer, L., Smith, D., Hamilton, R., & Ma, B. (2003). Canopy structure, light interception, and photosynthesis in maize. *Agron. J.*, 95, 1465–1474
7. Buck-Sorlin, G., de Visser, P.H., Henke, M., Sarlikioti, V., van der Heijden, G.W., Marcelis, L.F., & Vos, J. (2011). Towards a functional-structural plant model of cut-rose: simulation of light environment, light absorption, photosynthesis and interference with the plant structure. *Ann. Bot.*, 108, 1121–1134
8. Sarlikioti, V., de Visser, P.H., & Marcelis, L.F. (2011). Exploring the spatial distribution of light interception and photosynthesis of canopies by means of a functional-structural plant model. *Ann. Bot.*, 107, 875–883
9. Subedi, K.D., & Ma, B.L. (2005). Ear position, leaf area, and contribution of individual leaves to grain yield in conventional and leafy maize hybrids. *Crop Sci.*, 45, 2246–2257
10. Liu, T.N., Gu, L.M., Dong, S.T., Zhang, J.W., Liu, P., & Zhao, B. (2015). Optimum leaf removal increases canopy apparent photosynthesis, ¹³C-photosynthate distribution and grain yield of maize crops grown at high density. *Field Crops Res*, 170, 32–39
11. Lizaso, J.I., Batchelor, W.D., & Westgate, M.E. (2003). A leaf area model to simulate cultivar-specific expansion and senescence of maize leaves. *Field Crops Res*, 80, 117
12. Wright, I.J., Reich, P.B., Westoby, M. et al. (2004). The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*, 428, 821–827
13. Crosbie, R.S., Wilson, B., Hughes, J.D., & McCulloch, C. (2007). The upscaling of transpiration from individual trees to areal transpiration in tree belts. *Plant and Soil*, 29, 223–232
14. Byrne, M., Timmermans, M., Kidner, C., & Martienssen, R. (2001). Development of leaf shape. *Current Opinion in Plant Biology*, 4, 38–43 [in English].
15. Blanco, F.F., & Folegatti, M.V. (2005). Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. *Scientia Agricola*, 62, 305–309
16. Daas-Ghrib, C., Montpied, P., Ksontini, M., & Dreyer, E. (2011). Functional relationships between leaf structure and photosynthetic traits as modulated by irradiance and nutrient availability in a sclerophyllous and a non-sclerophyllous mediterranean oak species. *European Journal of Forest Research*, 130, 503–512
17. Niklas, K.J., & Christianson, M.L. (2011). Differences in the scaling of area and mass of *Ginkgo biloba* (Ginkgoaceae) leaves and their relevance to the study of specific leaf area. *American Journal of Botany*, 98, 1381–1386
18. Wright, I.J., Dong, N., Maire, I.C. et al. (2017). Global climatic drivers of leaf size. *Science*, 357, 917–921

REFERENCES:

1. Vazin, F., Hassanzadeh, M., Madani, A., Nassiri-Mahallati, M., & Nasri, M. (2010). Modeling light interception and distribution in mixed canopy of common cocklebur (*Xanthium strumarium*) in competition with corn. *Planta Daninha*, 2(8), 455–462
2. William, W.A., Loomis, R.S., Duncan, W.G., Dovrat, A. & Nunez, A. (1968). Canopy architecture at various population densities and the growth and grain yield of corn. *Crop Sci*, 8, 303–308
3. Tokatlidis, I.S. & Koutroubas, S.D. (2004). A review of maize hybrids' dependence on high plant populations

19. Shi, P.J., Li, Y.R., Hui, C., Ratkowsky, D.A., Yu, X.J., & Niinemets, Ü. (2020). Does the law of diminishing returns in leaf scaling apply to vines? – Evidence from 12 species of climbing plants. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00830

20. Gadzalo, Y.M., Vozhegova, R.A., Kokovikhin, S.V., Bilyaeva, I.M. & Drobytko, A.V. (2020). Naukove obgruntuvannya tekhnologii vyroshchuvannya kukurudzy na zroshuvanykh zemliakh iz urakhuvanniam hidrottermichnykh chynnykiv i zmin klimatu [Scientific substantiation of corn growing technologies on irrigated lands taking into account hydrothermal factors and climate changes]. *Zroshuvane zemlerobstvo* 73, 21–26. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.3> [in Ukrainian].

21. Moldovan, Zh.A. & Moldovan, V.H. (2022). Vplyv mineralnogo zhyvlennia na formuvannya ploshchi lystkovoї poverkhni roslynamy kukurudzy v umovakh Lisostepu Zakhidnogo [The influence of mineral nutrition on the formation of the leaf surface area of corn plants in the conditions of the Western Forest Steppe]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, 77, 68–72. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.15> [in Ukrainian].

22. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P. & Kokovikhin, S.V. (2009). *Dyspersiyni i koreliatsiyni analiz rezul'tativ polovyykh doslidiv* [Dispersion and correlation analysis of the results of field experiments]. Kherson: Ailant [in Ukrainian].

23. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P. & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo)* [Field experiment methodology (Irrigated agriculture)]. Kherson: Hrin D.S. [in Ukrainian].

24. Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Yu.O., Marchenko, T.Yu., Piliarska, O.O., & Zabara, P.P. (2021). Vplyv elementiv tekhnologii vyroshchuvannya na ploshchu asimiliatsiynoi poverkhni posiviv liniy – batkivskykh komponentiv hibrydiv kukurudzy v umovakh zroshennia [The influence of the elements of cultivation technologies on the area of the assimilation surface of crops of lines – parental components of corn hybrids under irrigation conditions] *Visnyk ahraryoi nauky* 12, 51–58. <http://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-07> [in Ukrainian].

25. Chernobai, L. (2019). Osoblyvosti rostu kukurudzy v litnyi period [Peculiarities of corn growth in summer]. *Propozytsiia* 7, 10–13 [in Ukrainian].

Скакун В.М., Марченко Т.Ю., Завальнюк О. І. Особливості фотосинтетичної діяльності ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи залежно від елементів технології та економічна ефективність їх застосування

Мета. Встановити особливості фотосинтетичної діяльності ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи залежно від генотипу, групи стиглості, щільності ценозу та кореляційно-регресійні залежності. **Методи.** Двофакторний польовий дослід, методи математичної статистики. **Результати досліджень.** Зменшення площі асиміляційного апарату однієї рослини ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи від загущення посівів з 70 до 100 тис. рослин/га склало 0,035 м²/рослину, або 8,0%. Максимальна площа листової поверхні спостерігалась у лінії АВ–30Б (FAO 320) за густоти 70 тис. рослин/га – 0,499 м²/рослину. При цьому встановлено сильний позитивний кореляційний зв'язок між озна-

ками урожайності насіння та площі асиміляційної поверхні за різних густот, коефіцієнти кореляції знаходились в межах від 0,701 до 0,991, однак максимальна реалізація генетичного потенціалу урожайності можлива лише в межах оптимуму чинників її детермінації. Підвищення площі листової поверхні у ценозі не завжди є позитивним, оскільки у разі загущення посівів можливе затінення нижніх листків верхніми і, як наслідок, погіршення освітленості та зменшення інтенсивності фотосинтезу посіву. Листкові індекси коливалися від мінімальних значень у середньоранньої лінії ОР–26А (FAO 240) 2,44–3,25 до максимальних значень у середньостиглої лінії АВ–30Б (FAO 320) 3,49–4,58. Загущення посівів збільшувало площу асиміляційної поверхні посіву: більші значення листового індексу рослин батьківських компонентів всіх груп стиглості, на відміну від площі листків однієї рослини, відмічено за густоти 100 тис. рослин/га (3,25–4,58, у середньому 4,03), а найменшу – за густоти 70 тис. рослин/га (2,44–3,49, у середньому 3,07). Коефіцієнт кореляція між листовим індексом і урожайністю насіння показав у більш скоростиглих ліній позитивний зв'язок, у більш пізньостиглих ліній – негативний зв'язок. Фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи збільшувався з подовженням тривалості періоду вегетації. **Висновки.** Збільшення фотосинтетичного потенціалу ценозу кукурудзи агротехнічними способами не завжди може гарантувати синхронне зростання урожайності у ліній – батьківських компонентів, тому, для кожної батьківської лінії кукурудзи, залежно від генотипових особливостей, повинен бути оптимум щільності ценозу посіву, що забезпечує максимальну ефективність продуктивності фотосинтетичного потенціалу.

Ключові слова: *Zea mays* L., генотип, група стиглості, щільність ценозу, листові поверхні, фотосинтез, кореляція, регресія, урожайність.

Skakun V.M., Marchenko T.Yu., Zavalnyuk O. I. Peculiarities of the photosynthetic activity of lines – parental components of corn hybrids depending on the elements of technology and the economic efficiency of their application

Purpose. To establish the peculiarities of the photosynthetic activity of lines – parental components of corn hybrids depending on the genotype, maturity group, density of the cenosis and correlation-regression dependence. **Methods.** Two-factor field experiment, methods of mathematical statistics. **Research results.** The decrease in the area of the assimilation apparatus of one plant of the lines – parental components of corn hybrids from the thickening of crops from 70 to 100 thousand plants / ha was 0.035 m²/plant, or 8.0%. The maximum leaf surface area was observed in line AV-30B (FAO 320) at a density of 70,000 plants/ha – 0.499 m²/plant. At the same time, a strong positive correlation was established between the signs of seed yield and the area of the assimilation surface at different densities, the correlation coefficients were in the range from 0.701 to 0.991, however, the maximum realization of the genetic potential of yield is possible only within the optimum of the factors of its determination. An increase in the area of the leaf surface in the coenosis is not always positive, because in the case of thickening of the crops, it is possible that the lower leaves are shaded by the upper ones and, as a result, the lighting deteriorates and the intensity of photosynthesis of the crop decreases. Leaf indices ranged from the minimum values in the mid-early line

OP-26A (FAO 240) 2.44–3.25 to the maximum values in the mid-ripe line AB-30Б (FAO 320) 3.49–4.58. The thickening of crops increased the area of the assimilation surface of the crop: higher values of the leaf index of plants of the parent components of all maturity groups, in contrast to the area of leaves of one plant, were noted for the density of 100 thousand plants / ha (3.25–4.58, on average 4.03), and the smallest – at a density of 70 thousand plants / ha (2.44–3.49, on average 3.07). The coefficient of correlation between the leaf index and seed yield showed a positive relationship in more precocious lines, and a negative relationship in late-ripening lines. The pho-

tosynthetic potential of corn crops increased with the lengthening of the vegetation period. **Conclusions.** Increasing the photosynthetic potential of the corn coenosis by agrotechnical methods cannot always guarantee a synchronous increase in yield in lines – parental components, therefore, for each parental line of corn, depending on the genotypic characteristics, there should be an optimum density of the sowing coenosis, which ensures the maximum efficiency of the productivity of the photosynthetic potential.

Key words: *Zea mays* L., genotype, maturity group, coenosis density, leaf surface, photosynthesis, correlation, regression, productivity.