



# Генетика, селекція, біотехнологія

УДК 633.15.:631.527:631.  
5:631.67  
© 2021

## **ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ НА ПЛОЩУ АСИМІЛЯЦІЙНОЇ ПОВЕРХНІ ПОСІВІВ ЛІНІЙ — БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕНТІВ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ**

*Р.А. Вожегова<sup>1</sup>, Ю.О. Лавриненко<sup>2</sup>, Т.Ю. Марченко<sup>3</sup>,  
О.О. Пілярська<sup>4</sup>, П.П. Забара<sup>5</sup>*

*<sup>1, 2</sup>доктори сільськогосподарських наук, професори, академіки НААН*

*<sup>3</sup>доктор сільськогосподарських наук*

*<sup>4</sup>кандидат сільськогосподарських наук*

*Інститут зрошуваного землеробства НААН  
смт Наддніпрянське, м. Херсон, 73483, Україна*

*e-mail: <sup>1</sup>izz.ua@ukr.net, <sup>2</sup>lavrin52@ukr.net, <sup>3</sup>tmarchenko74@ukr.net,*

*<sup>4</sup>izz.biblio@ukr.net, <sup>5</sup>zabara.pawel@gmail.com*

*ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-3895-5633, <sup>2</sup>0000-0001-9442-8793, <sup>3</sup>0000-0001-6994-3443,*

*<sup>4</sup>0000-0001-8649-0618, <sup>5</sup>0000-0002-6149-3393*

*Надійшла 03.08.2021*

**Мета.** Порівняти вплив обробки рослин кукурудзи рістрегулювальними біопрепаратами на формування асиміляційної поверхні рослини для оптимізації елементів технології вирощування. **Методи.** 3-факторний польовий дослід (фактор А — група стиглості ліній кукурудзи, В — густина рослин у посіві, С — обробка рослин біологічно активними препаратами) — для визначення впливу елементів технології вирощування на формування площі асиміляційної поверхні; вимірювально-ваговий — для визначення структури врожаю; методи математичної статистики (дисперсійний аналіз, прямо-лінійна та криволінійна кореляція і регресія) — для визначення істотності впливу досліджуваних факторів та взаємозв'язку ознак площі асиміляційної поверхні з продуктивністю. **Результати.** Максимальні значення площі листової поверхні — 0,499 м<sup>2</sup>/рослину спостерігали у середньопізньої лінії ДК 445 за густоти 70 тис. рослин/га та використання препарату Хелафіт комбі. Обробка рослин біопрепаратом Біо-гель (у середньому по досліді) забезпечила прибавку площі асиміляційного апарату 0,022, Хелафіт комбі — 0,031 м<sup>2</sup>/рослину. Встановлено, що листовий індекс посіву залежав від густоти ценозу, групи ФАО та дії біопрепаратів. Максимальні величини листового індексу посівів у фазі цвітіння качанів для стиглості спостерігали

за густоти 90 тис. рослин/га (3,12–4,04), у ліній з ФАО 420 (від 3,52–3,80) та за дії біопрепаратів (у середньому, під впливом препарату Біо-гель — на 5,3%, Хелафіт комбі — на 7,2%). Установлено наявність прямолінійного кореляційного зв'язку ( $r=0,65\pm 0,13$ ) між урожайністю насіння батьківських ліній кукурудзи з площею листків однієї рослини та криволінійного ( $\eta=0,50\pm 0,15$ ) — з листовим індексом посіву. З'ясовано, що оптимальний індекс листової поверхні посівів кукурудзи у фазі цвітіння качанів для досліджених ліній не має перевищувати 3,5 м<sup>2</sup> зелених листків на 1 м<sup>2</sup> ґрунту. **Висновки.** Встановлено ефективність обробки рослин кукурудзи рістрегулювальними біопрепаратами Біо-гель та Хелафіт комбі на формування асиміляційної поверхні посівів ранньо- та середньостиглих ліній, що може бути використано для оптимізації елементів технології їх вирощування.

**Ключові слова:** *Zea mays*, площа листків, листовий індекс, густина посіву, групи ФАО, Біо-гель, Хелафіт комбі.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovvisnyk202112-07>

Провідну роль у харчовому забезпеченні людства відіграють зернові злаки і значне місце в цьому займає кукурудза. Її поширення майже у всіх країнах світу пов'язане з високою екологічною пластичністю і здатністю рослин давати високі врожаї за різних кліматичних умов [1, 2].

Згідно із сучасним теоретичним уявленням про механізми функціонування і взаємозв'язки донорно-акцепторної системи у рослині, забезпечити інтенсифікацію продукційного процесу можна завдяки модифікації морфологічних показників, а саме — формування потужної фотосинтезуючої поверхні, швидкого змикання міхрядь та подовження функціонування фотосинтетичного апарату в репродуктивний період [3]. Встановлено також, що прискорений розвиток листового апарату на початку вегетаційного періоду сприяє більш повному використанню фотосинтетично активної радіації [4, 5].

Для оптимізації продукційного процесу і формування максимально можливого врожаю кукурудзи важливу роль відіграє розмір листового апарату рослин, який акумулює сонячну радіацію у процесі фотосинтезу та забезпечує створення органічних речовин. Продуктивність фотосинтезу залежить від площі листової поверхні рослин, яка зокрема пов'язана зі швидкістю рослин та густиною рослин у посіві.

Врожайність значною мірою визначається площею листової поверхні посіву, а також швидкістю рослин, густиною посіву, рівнем мінерального живлення, умовами водозабезпечення, обробкою стимуляторами та мікроелементами та ін. [6, 7]. Вважають, що густина посіву значно впливає на формування площі поверхні, що фотосинтезує. Надмірне загущення призводить до посилення конкуренції між рослинами за світло, воду та живлення, тоді як у зрідженому посіві продуктивність окремої рослини може бути максимальною, проте загальна врожайність може зменшуватися [8, 9]. Водночас на розмір асиміляційної поверхні посіву можна впливати застосуванням різних препаратів, наприклад рістрегулювальних біопрепаратів [10–12]. Біологічно активні сполуки здатні зумовлювати рістрегулювальний, імуностимулювальний та адаптогенний вплив на рослини [13, 14]. Фізіологічно активні речовини можуть сприяти мобілізації генетичних можливостей рослинного організму сільськогосподарських культур [15]. Також встановлено, що за дії таких препаратів відбувалося посилення ростових процесів, формувалася більша кількість листків, збільшувалася їхня маса та площа листової поверхні, зростали листовий та хлорофільний індекси [16, 17].

Участь у найрізноманітніших метаболічних процесах (первинному та вторинному метаболізмі, енергетичному обміні, захисті

клітин від окиснення, передачі сигналів і гормональної регуляції та регуляції генів) беруть мікроелементи [18]. Крім цього, завдяки невеликим нормам внесення та відносно низькій вартості сучасні мікродобрива можуть значно підвищити рівень окупності витрат, забезпечити істотний приріст урожайності та поліпшити якість отриманої продукції [19].

**Мета досліджень** — порівняти вплив обробки рослин кукурудзи рістрегулювальними біопрепаратами на формування асиміляційної поверхні рослини для оптимізації елементів технології вирощування.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводили протягом 2018–2020 рр. на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН на темно-каштанових середньосуглинкових ґрунтах з глибоким заляганням ґрунтових вод (зона Інгuleцького зрошуваного масиву). 3-факторний дослід (фактор А — група стиглості ліній, В — густина рослин у посіві, С — обробка рослин біологічно активними препаратами) закладали методом рендомізованих розщеплених блоків. Посівна площа ділянок — 30 м<sup>2</sup>, облікова — 20 м<sup>2</sup>. Дослідження проводили у 4-разовій повторності.

Матеріалом для досліджень були різні за групами стиглості лінії — батьківські форми: ДК 445 (батьківський компонент гібридів Арабат, Віра, Гілея); ДК 411 (батьківський компонент гібридів Чонгар, Ламасан); ДК 281 (батьківський компонент гібрида Степовий); ДК 247 (батьківський компонент гібридів Скадовський, Олешківський). Щільність посіву всіх батьківських форм — 70, 80, 90 тис. рослин/га. Обробку батьківських компонентів кукурудзи проведено двома біологічними препаратами: Хелафіт комбі та Біо-гель, що внесені до Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Препаратом Хелафіт комбі рослини обробляли двічі: у фазі 7–8 листків і викидання волоті (норма застосування — 1 л/га), препаратом Біо-гель обробляли насіння (з розрахунку 2 л/т) та обприскували рослини (1,5 л/га) у фазі 7–8 листків.

До складу Хелафіт комбі входять: мікроелементи, іони біогенних металів, кислота амінна вільна, гумати, жирні кислоти, ефіри

жирних кислот, полісахариди, стероїдні глюкозиди, вітаміни, кислота 3-індолілоцтова, епібрасинолід, зеатин, кислота альгінова, гідроксикоричнева кислота. Основні діючі речовини органічного добрива Біо-гель: азот, амінокислоти, треонін, оксид фосфору, оксид калію, марганець, цинк, молібден, мідь, кобальт, сапрофітні мікроорганізми.

Площу листової пластинки розраховували за формулою:  $S = D \cdot W \cdot 0,7$ , де  $D$  — довжина,  $W$  — найбільша ширина. Площу асиміляційної поверхні рослини розраховано як суму площі всіх її листків. Повторність визначень — по 10 рослин у 4-х повтореннях. Листковий індекс, який характеризує площу асиміляційної поверхні ценозу, — обчислювали як добуток площі листків рослин і густоти посіву.

Агротехніка вирощування та методика досліджень — загальноприйняті для умов зрошення, крім факторів, що вивчалися. Застосовували краплинне зрошення, рівень передполивної вологості ґрунту — 80% НВ у шарі ґрунту 0–50 см [20].

Математичну обробку результатів досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу з використанням пакета комп'ютерних програм Agrostat [21, 22].

**Результати досліджень та їх обговорення.** Одним з основних морфологічних показників, що характеризують потенціал продуктивності рослини і визначають ефективність її фотосинтетичного процесу, є площа листової поверхні.

Установлено, що площа листової поверхні однієї рослини була досить мінливою і залежала від генотипу лінії, густоти рослин і обробки препаратами. Максимальні значення площі листової поверхні у фазі цвітіння качанів у всіх варіантах дослідження спостерігали у середньопізньої лінії ДК 445 за густоти 70 тис. рослин/га — 0,499 м<sup>2</sup>/рослину (таблиця).

Найбільша площа асиміляційної поверхні рослин батьківських компонентів усіх груп стиглості була за густоти 70 тис. рослин/га (від 0,367 до 0,487 м<sup>2</sup>/рослину), найменша — за густоти 90 тис. рослин/га (0,346–0,448 м<sup>2</sup>/рослину). Отже, загущення посівів призвело до зменшення площі асиміляційної поверхні на 0,9–3,9%, залежно від генотипу батьківського компонента.

**Площа асиміляційної поверхні однієї рослини ліній — батьківських компонентів гібридів кукурудзи у фазі цвітіння залежно від факторів досліду (середнє за 2018–2020 рр.), м<sup>2</sup>/рослину**

Батьківський компонент (фактор А)	Густота рослин тис. рослин/га (фактор В)	Обробка препаратами (фактор С)			У середньому за фактором	
		Контроль, без обробки	Біо-гель	Хелафіт комбі	А	В
ДК 281 (ФАО 190)	70	0,349	0,371	0,382	0,357	0,367
	80	0,333	0,365	0,378		
	90	0,325	0,351	0,362		
<b>Середнє</b>		<b>0,336</b>	<b>0,362</b>	<b>0,374</b>		
ДК 247 (ФАО 290)	70	0,375	0,409	0,417	0,389	0,400
	80	0,367	0,394	0,406		
	90	0,356	0,386	0,388		
<b>Середнє</b>		<b>0,366</b>	<b>0,396</b>	<b>0,404</b>		
ДК 411 (ФАО 420)	70	0,463	0,471	0,479	0,454	0,471
	80	0,442	0,452	0,468		
	90	0,421	0,438	0,449		
<b>Середнє</b>		<b>0,442</b>	<b>0,454</b>	<b>0,465</b>		
ДК 445 (ФАО 420)	70	0,475	0,488	0,499	0,468	0,487
	80	0,459	0,471	0,474		
	90	0,432	0,455	0,458		
<b>Середнє</b>		<b>0,455</b>	<b>0,471</b>	<b>0,477</b>		
<b>Середнє за фактором С</b>		<b>0,399</b>	<b>0,421</b>	<b>0,430</b>		
Оцінка істотності часткових відмінностей						
НІР <sub>05</sub> , м <sup>2</sup> /рослину		А=0,031–0,034; В=0,028–0,030; С=0,019–0,021				

Установлено, що обробка рослин обома препаратами позитивно вплинула на площу листків рослин, при цьому її збільшення з ФАО 190 та 290 при обробці біопрепаратами було вище (на 0,026–0,038 м<sup>2</sup>/рослину), ніж з ФАО 420 (на 0,012–0,023 м<sup>2</sup>/рослину). У середньому по досліді, застосування препарату Біо-гель сприяло збільшенню площі асиміляційного апарату рослини на 0,022 м<sup>2</sup>/рослину, Хелафіт комбі — на 0,031 м<sup>2</sup>/рослину.

Проте підвищення площі листової поверхні у ценозі не завжди є позитивним, оскільки у разі загушення посівів можливе затінення нижніх листків верхніми і, як наслідок, — погіршення радіаційних умов та зменшення інтенсивності фотосинтезу посіву. Тому нами було досліджено зміни листового індексу, який характеризує фотосинтетичну активність посіву. Його значення

коливалися від 2,44 до 4,12 і залежали від дії біопрепаратів, групи ФАО та густоти ценозу.

Максимальні значення листового індексу у фазі цвітіння качанів спостерігали у лінії ДК 411 та 445 (від 3,52–3,63 у контрольному варіанті до 3,62–3,80 — у варіантах з обробкою). Це підтверджує відомі дані щодо більшої площі асиміляційної поверхні більш пізньостиглих сортів.

Більші значення листового індексу рослин батьківських компонентів усіх груп стиглості, на відміну від площі листків однієї рослини, були за густоти 90 тис. рослин/га (3,12–4,04), найменші — за густоти 70 тис. рослин/га (2,57–3,41). Отже, у разі загушення посівів площа їхньої асиміляційної поверхні збільшувалася.

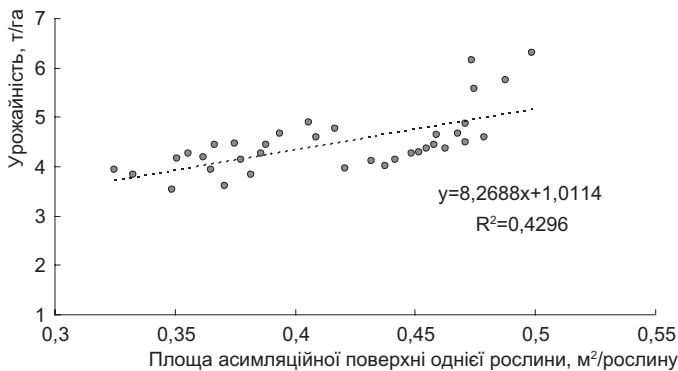
Результати досліджень свідчать, що як і для площі однієї рослини, обробка рослин

з ФАО 190 та 290 обома препаратами мала більший ефект на листовий індекс, ніж з ФАО 420 — відповідно на 0,21–0,30 та на 0,10–0,19. У середньому, під впливом біопрепаратів листовий індекс зростав від дії препарату Біо-гель на 5,3%, Хелафіт комбі — на 7,2%.

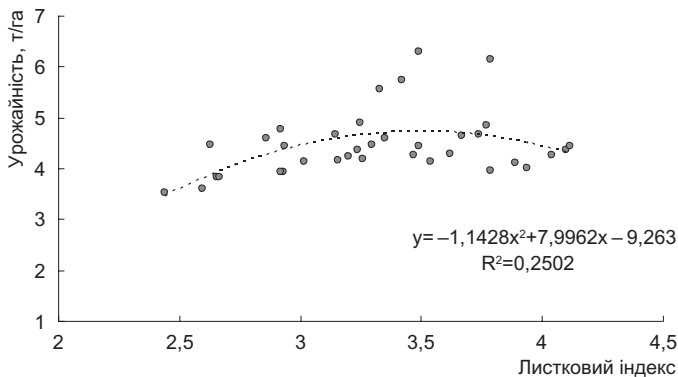
Згідно з раніше отриманими нами даними [23], максимальний врожай у ранньостиглої лінії — батьківського компонента ДК 281 зафіксовано за густоти 90 тис. рослин/га і обробки препаратом Хелафіт комбі — 3,65 т/га. Максимальну врожайність у батьківського компонента ДК 247 спостерігали за густоти 80 тис. рослин/га та обробки препаратом Хелафіт комбі — 4,89 т/га. Середньопізні лінії — батьківські компоненти ДК 411 та ДК 445 мали максимальну врожайність за густоти 70 тис.

рослин/га і обробки препаратом Хелафіт комбі — відповідно, 4,65 та 6,30 т/га.

Для з'ясування чи пов'язана зернова продуктивність кукурудзи з площею асиміляційної поверхні було розраховано тісноту кореляційного зв'язку з обома дослідженими показниками. Встановлено наявність прямолінійного кореляційного зв'язку ( $r=0,65\pm 0,13$ ) між врожайністю насіння батьківських ліній кукурудзи з площею листків однієї рослини (рис. 1, а) та криволінійного ( $\eta=0,50\pm 0,15$ ) — з листовим індексом посіву (рис. 1, б). Отже, збільшення площі асиміляційної поверхні рослини, зумовлене як скоростиглістю ліній, так і застосуванням біологічно активних препаратів Біо-гель, Хелафіт комбі, позитивно впливає на врожай. Водночас криволінійна залежність врожаю з листовим індексом посіву свідчить,

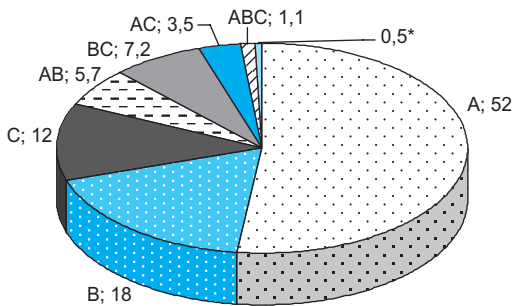


а



б

**Рис. 1. Залежність урожайності зерна ліній — батьківських компонентів гібридів кукурудзи: а — від площі листків однієї рослини; б — від листового індексу посіву (середнє за 2018–2020 рр.)**



**Рис. 2.** Дисперсійний аналіз впливу різних факторів та їх взаємодії на врожайність ліній — батьківських компонентів гібридів кукурудзи, %: А — скоростиглості; Б — густоти посіву; С — обробки рослин біологічно активними препаратами (\*залишкове)

що таке зростання в умовах нашого експерименту має певні межі: після перевищення величини 3,5 зернова продуктивність знижується (див. рис. 1, б). За літературними даними, оптимальний максимальний індекс листкової поверхні посіву для кукурудзи становить 5–6 [24].

Дисперсійний аналіз свідчить, що максимально впливала на врожайність зерна ліній група стиглості, менше — густота посіву і найменше — обробка біопрепаратами (рис. 2).

Хоча дія обробки біологічно активними препаратами була найменшою, її позитивний вплив на величину листкового індексу ранньо- та середньостиглих ліній свідчить про можливість збільшення їх врожайності за такої обробки. Відомо, що збільшення листкового індексу сприяє зростанню поглинання та ефективності використання сонячної енергії [25, 26]. Це, в свою чергу, може сприяти накопиченню сухої речовини у період після цвітіння [27]. Позитивна дія фізіологічно активних речовин може бути пов'язаною як з їхнім рістрегулювальним та адаптогенним впливом на рослини [28, 29], так і з дією на генетичний потенціал [30].

Отже, отримані нами результати свідчать, що площа зелених листків може впливати на фотосинтетичні показники рослин та на врожайність кукурудзи.

## Висновки

Установлено, що обробка рослин біопрепаратами Біо-гель і Хелафіт комбі позитивно вплинула на площу листків рослин, при цьому її збільшення з ФАО 190 та 290 при обробці біопрепаратами було вище (на 0,026–0,038 м<sup>2</sup>/рослину), ніж з ФАО 420 (на 0,012–0,023 м<sup>2</sup>/рослину). У середньому по досліді, застосування препарату Біо-гель сприяло збільшенню площі асиміляційного апарату рослини на 0,022 м<sup>2</sup>/рослину, Хелафіт комбі — на 0,031 м<sup>2</sup>/рослину.

Виявлено, що загушення посівів призвело до зменшення площі асиміляційної поверхні на 0,9–3,9%, залежно від генотипу батьківського компонента. Найбільшу площу асиміляційної поверхні рослин батьківських компонентів усіх груп стиглості виявлено за густоти 70 тис. рослин/га (від 0,367 до 0,487 м<sup>2</sup>/рослину), найменшу — за густоти 90 тис. рослин/га (0,346–0,448 м<sup>2</sup>/рослину).

Загушення посівів збільшувало площу асиміляційної поверхні посіву. Вищі значен-

ня листкового індексу рослин батьківських компонентів усіх груп стиглості, на відміну від площі листків однієї рослини, були за густоти 90 тис. рослин/га (3,12–4,04), найменші — за густоти 70 тис. рослин/га (2,57–3,41).

За результатами кореляційного аналізу встановлено наявність прямолінійної залежності врожайності батьківських ліній кукурудзи з площею листків однієї рослини ( $r=0,65\pm 0,13$ ) та криволінійної — з листковим індексом посіву ( $\eta=0,50\pm 0,15$ ). Отже, збільшення площі асиміляційної поверхні рослини, зумовлене як скоростиглістю ліній, так і застосуванням біологічно активних препаратів Біо-гель і Хелафіт комбі, позитивно впливає на врожай.

Дисперсійний аналіз свідчить, що максимально впливала на врожай ліній група стиглості, менше — густота посіву і найменше — обробка біопрепаратами.

З'ясовано більшу ефективність обробки рослин кукурудзи рістрегулювальними біопрепаратами Біо-гель і Хелафіт

комбі на формування асиміляційної поверхні посівів скоростиглих ліній (FAO 190 та 290),

що може бути використано для оптимізації елементів технології їх вирощування.

Vozhegova R.<sup>1</sup>, Lavrynenko Yu.<sup>2</sup>, Marchenko T.<sup>3</sup>, Piliarska O.<sup>4</sup>, Zabara P.<sup>5</sup>

*Institute of Irrigated Agriculture of NAAS, Nadnyprianske vil., Kherson, 73483, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>izz.ua@ukr.net, <sup>2</sup>lavrin52@ukr.net, <sup>3</sup>tarmchenko74@ukr.net, <sup>4</sup>izz.biblio@ukr.net, <sup>5</sup>zabara.pawel@gmail.com; ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-3895-5633, <sup>2</sup>0000-0001-9442-8793, <sup>3</sup>0000-0001-6994-3443, <sup>4</sup>0000-0001-8649-0618, <sup>5</sup>0000-0002-6149-3393*

**Influence of elements of growing technologies on the area of the assimilation surface of seeds of lines — parental components of hybrids of corn under irrigation**

**Goal.** To compare the influence of treatment of corn plants with growth-stimulating biological products on the formation of the assimilation surface of the plant to optimize the elements of cultivation technology. **Methods.** 3-factor field experiment (factor A — maturity group of corn lines, B — plant density in crops, C — treatment of plants with biologically active preparations) — to determine the impact of elements of cultivation technology on the formation of the assimilation surface area; measuring and weight — to determine the structure of the crop; methods of mathematical statistics (analysis of variance, rectilinear and curvilinear correlation and regression) — to determine the significance of the influence of the studied factors and the relationship between the characteristics of the assimilation surface area with productivity. **Results.** The maximum values of leaf surface area (0.499 m<sup>2</sup>/plant) were observed in the middle-late line DK 445 at a density

of 70 thousand plants/ha and the use of the preparation Khelafit combi. Treatment of plants with biological product Bio-gel (on average by experiment) provided an increase in the area of the assimilation apparatus 0.022, Khelafit combi — 0.031 m<sup>2</sup>/plant. It was found that the leaf index of sowing depended on the density of the coenosis, the FAO group, and the action of biological products. The maximum values of the leaf index of crops in the flowering phase of cobs for maturity were observed at densities of 90 thousand plants/ha (3.12–4.04), in lines with FAO 420 (from 3.52–3.80) and under the action of biological products (on average, under the influence of Bio-gel — by 5.3%, Khelafit combi — by 7.2%). The presence was fixed of a rectilinear correlation ( $r=0.65\pm 0.13$ ) between the yield of seeds of the parent lines of corn with the leaf area of one plant and curvilinear ( $\eta=0.50\pm 0.15$ ) — with the leaf index of sowing. It was found that the optimal index of the leaf surface of corn crops in the flowering phase of cobs for the studied lines should not exceed 3.5 m<sup>2</sup> of green leaves per 1 m<sup>2</sup> of soil. **Conclusions.** The efficiency of treatment of plants with growth-regulating bio preparations Bio-gel and Khelafit combi for the formation of assimilation surface of crops of early and medium-ripe lines is established, which can be used for the optimization of elements of technology of their cultivation.

**Key words:** *Zea mays*, leaf area, leaf index, crop density, FAO groups, Bio-gel, Khelafit combi. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovnisnyk202112-07>

**Бібліографія**

1. Камінський В.Ф., Сайко В.Ф., Душко М.В. та ін. Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур: монографія. Київ: Видавничий дім «Вініченко», 2017. 580 с.  
2. Князюк О.В. Вплив гідротермічних умов на продуктивність гібридів кукурудзи у зв'язку із строками сівби. *Вісник БДАУ: зб. наук. праць*. Біла Церква, 2000. Вип. 109. С. 113–120.  
3. Прядкіна Г.А., Шадчина Т.М., Стасик О.О., Кирилий Д.А. Фотосинтез: Фотосинтез і продуктивність растений. Т. 3. Киев: Логос, 2015. 480 с.  
4. Прядкіна Г.О., Зборівська О.В., Оксьом В.П., Стасик О.О. Формування біомаси на ранніх етапах онтогенезу і врожайність у високопродуктивних сортів озимої пшениці. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2017. Вип. 1 (40). С. 119–126.

5. Sun J., Gao J., Wang Zh. et al. Maize Canopy Photosynthetic Efficiency, Plant Growth, and Yield Responses to Tillage Depth. *Agronomy*. 2019. V. 9. № 3. doi: 10.3390/agronomy9010003  
6. Amanullah D.R., Shah S., Shah Z. et al. Effects of variable nitrogen source and rate on leaf area index and total dry matter accumulation in Maize (*Zea mays* L.) genotypes under calcareous soils. *Turkish J. of Field Crops*. 2014. № 19. P. 276–284. doi: 10.17557/tjfc.90307  
7. Dodig D., Božinović S., Nikolić A. et al. Dynamics of Maize Vegetative Growth and Drought Adaptability Using Image-Based Phenotyping Under Controlled Conditions. *Frontiers in Plant Science*. 2021. № 12. 571 p. doi: 10.3389/fpls.2021.652116  
8. Крамаров С. Урожайність і якість гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від рівня мінерального живлення в Північному Степу

України. *Вісник ЛНАУ. Агрономія*. Львів. 2009. № 13. С. 36–39.

9. Єременко Л.С. Особливості фотосинтезу різних за скоростиглістю гібридів. *Бюлетень Інституту зернового господарства УААН*. Дніпропетровськ, 2002. № 18–19. С. 91–93.

10. Прядкіна Г.О., Швартау В.В., Михальська Л.М. Потужність фотосинтетичного апарату, зернова продуктивність та якість зерна інтенсивних сортів м'якої пшениці за різного рівня мінерального живлення. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2011. Т. 43. № 2. С. 158–163.

11. Киризи́й Д.А. Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений. Киев: Логос, 2004. 189 с.

12. Домарацький Є.О. Формування листкової поверхні та фотосинтетична діяльність рослин соняшнику залежно від добрив і рістрегулюючих препаратів. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 22–29. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.5.4

13. Моргун В.В., Яворська В.К., Драгозов І.В. Проблема регуляторів росту у світі та її вирішення в Україні. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2002. Т. 34. № 5. С. 371–375.

14. Ni J., Gao C., Chen M.-S. et al. Gibberellin Promotes Shoot Branching in the Perennial Woody Plant *Jatropha curcas*. *Plant Cell Physiol*. 2015. № 56 (8). P. 1655–1666. doi: 10.1093/pcp/pcv089

15. Шадчина Т.М., Гуляєв Б.І., Кірізі́й Д.А. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин. Фізіологічні та екологічні аспекти. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 383 с.

16. Xinping C., Hongyu Y., Rongzhi C. et al. Isolation and characterization of triacontanol-regulated genes in rice (*Oryza sativa* L.): Possible role of triacontanol as a plant growth stimulator. *Plant and Cell Physiology*. 2002. V. 43. Is. 8. P. 869–876. doi: 10.1093/pcp/pcf100

17. White C.N., Rivin C.J. Gibberellins and Seed Development in Maize. II. Gibberellin Synthesis Inhibition Enhances Abscisic Acid Signaling in Cultured Embryos. *Plant Physiol*. 2000. V. 122(4). P. 1089–1098. doi: 10.1104/pp.122/4/1089

18. Marschner P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (3rd Edition). London: Academic Press. 2011. P. 672.

19. Ткачук О.О. Вплив паклобутразолу на анатомо-морфологічні показники рослин картоплі. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. 2015. № 2. С. 47–50.

20. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П. та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 268 с.

21. 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.

22. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Методика польового дослідів (Зрошуване землеробство). Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.

23. Marchenko T., Vozhegova R., Lavrynenko Y., Zabara P. Biometric Indicators of lines — parents of maize hybrids of different FAO groups depending on biological treatment on irrigation. *Селекція і насінництво*. 2021. № 119. С. 135–146. doi: 10.30835/2413-7510.2021.237140

24. Sun J., Gao J., Wang Zh. et al. Maize Canopy Photosynthetic Efficiency, Plant Growth, and Yield Responses to Tillage Depth. *Agronomy*. 2019. V. 9. № 3. doi: 10.3390/agronomy9010003

25. Guo S.Y., Zhang X., Zhang Q.J. et al. Effects of Straw Mulching and Water-retaining Agent on Ear Leaf Senescence after Anthesis and Yield of Summer Maize. *Maize Sci*. 2012. № 20. P. 104–107.

26. Priadkina G.A., Stasik O.O., Polevoy A.N. et al. Radiation use efficiency of winter wheat canopy during vegetative growth. *Фізіологія рослин і генетика*. 2020. V. 52. № 3. С. 208–223.

27. Song B., Wu S.L., Yu S.H. et al. A Study on Population Quality Indexes of Maize under Different Ecological Condition. *Tillage Cultiv*. 1998. P. 23–28.

28. Gong Li-sha, Qu Shu-jie, Huang Guan-min, Guo Yu-ling. Improving maize grain yield by formulating plant growth regulator strategies in North China. *J. of Integrative Agriculture*. 2021. V. 20. Is. 2. P. 622–632. doi: 10.1016/S2095-3119(20)63453-0

29. Iqbal H., Yaning Ch., Rehman H. et al. Improving heat stress tolerance in late planted spring maize by using different exogenous elicitors. *Chilean journal of agricultural research*. Chillán Mar. 2020. V. 80. № 1. doi: 10.4067/S0718-58392020000100030

30. Xinping C., Hongyu Y., Rongzhi C. et al. Isolation and characterization of triacontanol-regulated genes in rice (*Oryza sativa* L.): Possible role of triacontanol as a plant growth stimulator. *Plant and Cell Physiology*. 2002. V. 43. № 9. P. 869–876. doi: 10.1093/pcp/pcf100