

СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО

УДК 631.52:633.15:631.5:631.67

DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.76.11>

ОСОБЛИВОСТІ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЛІНІЙ–БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕНТІВ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік

Національної академії аграрних наук України

<http://orcid.org/0000-0002-3895-5633>

Інститут зрошуваного землеробства

Національної академії аграрних наук України

МАРЧЕНКО Т.Ю. – доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник

<http://orcid.org/0000-0001-6994-3443>

Інститут зрошуваного землеробства

Національної академії аграрних наук України

ЗАБАРА П.П. – аспірант

<http://orcid.org/0000-0002-6149-3393>

Інститут зрошуваного землеробства

Національної академії аграрних наук України

ПІЛЯРСЬКА О.О. – кандидат сільськогосподарських наук

<http://orcid.org/0000-0002-6149-3393>

Інститут зрошуваного землеробства

Національної академії аграрних наук України

САХАЦЬКИЙ Г.І. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-6763-0846>

Державний вищий навчальний заклад

«Приазовський державний технічний університет»

Постановка проблеми. За масштабами поширення, універсальністю використання та енергетичною поживністю кукурудза є однією з найважливіших зернофуражних культур. Для збільшення виробництва інноваційних гібридів кукурудзи велике значення мають ліній–батьківські компоненти, що застосовуються на ділянках гібридизації, тому вивчення впливу елементів агротехніки на продуктивність батьківських компонентів має велике значення для забезпечення виробництва високоякісним гібридним насінням. У польових умовах за поліпшення водопостачання і мінерального живлення та зміни густоти рослин урожай насіння кукурудзи залежить насамперед від темпів формування фотосинтетичного апарату, інтенсивності та тривалості його функціонування. Фотосинтетичний апарат акумулює сонячну енергію у процесі фотосинтезу та забезпечує створення органічної речовини, що має велике значення для накопичення біомаси. Цей показник може слугувати індикатором потенційних можливостей агроценозу тієї чи іншої культури і значно змінюється під впливом ґрунтово-екологічних, технологічних умов та генетичних особливостей рослин [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Основою росту і розвитку рослинного організму є процес фотосинтезу, що забезпечує формування продуктивності культури. Вирішальними чинниками

продуктивності фотосинтезу є розмір площі та тривалість активної діяльності листової поверхні рослин [2]. Фотосинтетичні пігменти є найважливішими компонентами фотосинтетичного апарату листків та чутливими індикатором інтенсивності процесу фотосинтезу, їх уміст є фізіологічним показником для характеристики дії чинників на рослини [3; 4]. У науковій літературі також повідомляється, що на вміст хлорофілів значною мірою можуть впливати регулятори росту рослин, які залежно від основного діючого компонента та норм і способів застосування сприяють підвищенню його вмісту у листках сільськогосподарських культур. Також одним із показників, що характеризує активність фотосинтетичного апарату рослин, є чиста продуктивність фотосинтезу, яка визначає суху масу врожаю, що створюється 1 м² листової поверхні посіву за добу [5].

Батьківські компоненти гібридів кукурудзи значно різняться за вегетаційним періодом, а звідси – за потребою в теплі, воді, поживних речовинах і світлі. Різними є ці потреби у кожній лінії кукурудзи і протягом вегетаційного періоду. Визначення показників продуктивності різних за скоростиглістю батьківських компонентів та гібридів кукурудзи в конкретних агроекологічних зонах дають можливість науково обґрунтувати їх районування та визначити найбільш продуктивні [6]. Новітні технології агропромисловості,

зокрема застосування краплинного зрошення, використання новітніх рістрегулюючих препаратів, оптимізація густоти рослин, сприятимуть збільшенню врожайності та економічної ефективності вирощування кукурудзи. Найголовнішими чинниками впливу на продуктивність рослин, що визначають можливість оптимального проходження процесу фотосинтезу, є сонячна енергія, температура середовища, забезпеченість рослин доступною вологою та поживними речовинами. Величина врожаю рослин кукурудзи великою мірою зумовлюється площею листової поверхні, яка здатна акумулювати сонячну енергію в процесі фотосинтезу та споживання елементів живлення для створення органічної речовини [7].

Одним з елементів інноваційних технологій у землеробстві є використання біопрепаратів – регуляторів росту рослин та вивчення їхньої дії на формування і продуктивність фотосинтетичного апарату рослин кукурудзи. Сьогодні це є досить актуальним напрямом досліджень в аграрному виробництві [8].

У зв'язку з вищевикладеним мета наших досліджень полягала у дослідженні впливу біопрепаратів на формування фотосинтетичного апарату рослин ліній–батьківських компонентів гібридів кукурудзи за різних густот посіву.

Мета статті. Обґрунтування та вдосконалення елементів технології вирощування в умовах зрошення Півдня України ліній–батьківських компонентів гібридів кукурудзи різних груп ФАО. Завдання досліджень – установити площу листової поверхні, визначити показники фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу у лінії залежно від густоти посівів та обробітку вітчизняними біопрепаратами.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводилися протягом 2018–2020 рр. на дослідному полі Інституту зрошувального землеробства НААН, що розташоване в зоні Інгuleцького зрошувального масиву.

Трифакторний дослід закладали методом розщеплених рендомізованих блоків. Дослідження проводили у чотириразовій повторності, посівна площа ділянок 50,0 м², облікова – 30,0 м².

Фактор А – різні за групами стиглості ліній–батьківські компоненти: ДК 281 (батьківський компонент гібриду Степовий, ФАО 190), ДК 247 (батьківський компонент гібридів Скадовський, Олешківський, ФАО 290), ДК 411 (батьківський компонент гібридів Чонгар, Ламасан, ФАО 420), ДК 445 (батьківський компонент гібридів Арабат, Віра, Гілея, ФАО 420).

Фактор В – густина рослин ліній: 70, 80, 90 тис рослин/га. Фактор С – обробка біологічними препаратами: Біо-гель, Хелафіт комбі, що занесені до Реєстру дозволених для використання пестицидів.

Агротехніка вирощування та методика досліджень загальноприйнята для умов зрошення крім факторів, що вивчалися. Застосовували краплинне зрошення з рівнем передпольної вологості ґрунту 80% НВ у шарі ґрунту 0–50 см [9–11].

Результати досліджень. Для оптимального проходження процесу фотосинтезу посіви кукурудзи повинні мати певну площу асиміляційної поверхні листків, що забезпечує нагромадження пластичних речовин для формування врожаю. В умовах зрошення інтенсивність фізіологічних процесів кукурудзи підсилюється: збільшується площа та продуктивність асиміляційного апарату, вміст води та сухої речовини в листках і стеблах.

Таблиця 1 – Площа асиміляційної поверхні ліній–батьківських компонентів кукурудзи у фазу цвітіння (середнє за 2018–2020 рр.), тис м²/га

Батьківський компонент (фактор А)	Густина рослин тис р./га (фактор В)	Обробіток препаратами (фактор С)			У середньому за фактором	
		Контроль, без обробітку	Біо-гель	Хелафіт комбі	А	В
ДК 281 (ФАО 190)	70	24,4	26,0	26,7	28,5	25,7
	80	26,6	29,2	30,2		28,6
	90	29,3	31,6	32,6		31,1
Середнє		26,7	28,9	29,8		
ДК 247 (ФАО 290)	70	26,3	28,6	29,2	31,0	28,0
	80	29,4	31,5	32,5		31,1
	90	32,0	34,7	34,9		33,8
Середнє		29,2	31,6	32,2		
ДК 411 (ФАО 420)	70	32,4	33,0	33,5	36,1	32,9
	80	35,4	36,2	37,4		36,3
	90	37,9	39,4	40,4		39,2
Середнє		35,2	36,2	37,1		
ДК 445 (ФАО 420)	70	33,3	34,2	34,9	37,3	34,1
	80	36,7	37,7	37,9		37,4
	90	38,9	41,0	41,2		40,3
Середнє		36,3	37,6	38,0		
Середнє за фактором С			31,8	33,5	34,2	
Оцінка істотності часткових відмінностей						
НІР ₀₅ , т/га		А=2,0-2,3; В=1,5-1,8; С=0,5-0,8				

Дослідженнями встановлено реакцію рослин кукурудзи на густоту та обробіток біопрепаратами шляхом визначення їхніх фотосинтетичних показників. Площа листової поверхні посіву була досить мінливою і залежала від досліджуваних чинників (табл. 1).

Установлено, що максимального розвитку листової поверхні досягає у період цвітіння відповідно на всіх досліджуваних варіантах. Однак спостерігається й суттєва різниця між впливом факторів, що вивчали.

Обробіток біопрепаратами забезпечив прирост площі асиміляційного апарату на 1,7–2,4 тис м²/га. Обробіток біопрепаратом Біо-гель забезпечив приріст листової поверхні на 1,7 тис м²/га, або на 5,3%, обробіток препаратом Хелафіт комбі – на 2,4 тис м²/га, або на 7,5%.

Зростання площі асиміляційного апарату від загущення посівів із 70 до 80 та 90 тис рослин/га становило 2,5–6,3 тис м²/га, або 8,6–18,2%, залежно від варіанту дослідження.

Генотип лінії впливав на площу листової поверхні. Найбільша площа листків рослин становила 37,3 тис м²/га у середньопізньої лінії ДК 445, а найменшою була у варіанті ДК 281 і дорівнювала 28,5 тис м²/га.

Максимальна площа листової поверхні спостерігалась у лінії ДК 445 за густоти 90 тис р./га та обробітку Хелафіт комбі – 41,2 тис м²/га.

Фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи збільшується з подовженням тривалості періоду вегетації і досягав максимальних показників у середньопізньої лінії ДК 445 за густоти рослин 90 тис рослин/га й обробітку препаратом Хелафіт комбі – 3502,0 тис м²*діб (табл. 2).

Максимальний фотосинтетичний потенціал посівів лінії кукурудзи всіх груп ФАО спостерігався за загущення посівів до 90 тис рослин/га – від 1994,7 тис м²*діб (лінія ДК 281) до 3431,2 тис м²* діб (лінія ДК 445).

Обробіток біопрепаратами сприяв збільшенню фотосинтетичного потенціалу на 5,1% від обробки препаратом Біо-гель та на 7,2% – від обробки препаратом Хелафіт комбі.

Згідно з отриманими нами попередніми даними з урожайності ліній-батьківських компонентів, максимальна врожайність насіння ранньостиглої лінії ДК 281 (ФАО 190) зафіксована за густоти 90 тис рослин/га й обробки препаратом Хелафіт комбі – 3,65 т/га. Середньорання лінія

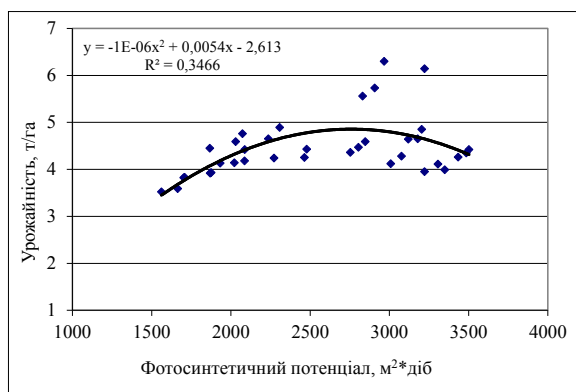


Рис. 1. Поліноміальна лінія тренду залежності фотосинтетичного потенціалу ліній-батьківських компонентів гібридів кукурудзи і врожайності насіння за зрошення, середнє за 2018–2020 рр.

Таблиця 2 – Фотосинтетичний потенціал ліній-батьківських компонентів за вегетацію (середнє за 2018–2020 рр.), тис м²* діб

Батьківський компонент (фактор А)	Густота рослин тис р./га (фактор В)	Обробіток препаратами (фактор С)			У середньому за фактором	
		Контроль, без обробітку	Біо-гель	Хелафіт комбі	А	В
ДК 281 (ФАО 190)	70	1561,6	1664,0	1708,8	1824,7	1644,8
	80	1702,4	1868,8	1932,8		1834,7
	90	1875,2	2022,4	2086,4		1994,7
Середнє		1713,1	1851,7	1909,3		
ДК 247 (ФАО 290)	70	1867,3	2030,6	2073,2	2201,8	1990,4
	80	2087,4	2236,5	2307,5		2210,5
	90	2272,0	2463,7	2477,9		2404,5
Середнє		2075,6	2243,6	2286,2		
ДК 411 (ФАО 420)	70	2754,0	2805,0	2847,5	3075,1	2802,2
	80	3009,0	3077,0	3179,0		3088,3
	90	3221,5	3349,0	3434,0		3334,8
Середнє		2994,8	3077,0	3153,5		
ДК 445 (ФАО 420)	70	2830,5	2907,0	2966,5	3171,4	2901,3
	80	3119,5	3204,5	3221,5		3181,8
	90	3306,5	3485,0	3502,0		3431,2
Середнє		3085,5	3198,8	3230,0		
Середнє за фактором С		2467,3	2592,8	2644,8		
Оцінка істотності часткових відмінностей						
NIP ₀₅ , т/га		A=150,5-180,5; B=95-110; C=85,0-92,3				

Таблиця 3 – Чиста продуктивність фотосинтезу однієї рослини батьківських форм кукурудзи у фазу «початок цвітіння – молочна стиглість» (середнє за 2018–2020 рр.), г/м² за добу

Батьківський компонент (фактор А)	Густота рослин тис р./га (фактор В)	Обробіток препаратами (фактор С)			У середньому за фактором	
		Контроль, без обробітку	Біо-гель	Хелафіт комбі	А	В
ДК 281 (ФАО 190)	70	5,32	5,51	5,61	5,66	5,48
	80	5,39	5,78	5,89		5,69
	90	5,42	5,96	6,05		5,81
Середнє		5,38	5,75	5,85		
ДК 247 (ФАО 290)	70	5,45	5,56	5,65	5,75	5,55
	80	6,02	6,31	6,43		6,25
	90	5,34	5,45	5,52		5,44
Середнє		5,60	5,77	5,87		
ДК 411 (ФАО 420)	70	6,12	6,36	6,43	5,84	6,30
	80	5,56	5,68	5,74		5,66
	90	5,44	5,57	5,62		5,54
Середнє		5,71	5,87	5,93		
ДК 445 (ФАО 420)	70	6,16	6,37	6,54	5,98	6,36
	80	5,85	5,95	6,12		5,97
	90	5,48	5,65	5,72		5,62
Середнє		5,83	5,99	6,13		
Середнє за фактором С						
Оцінка істотності часткових відмінностей						
НІР ₀₅ , т/га		А=0,11-0,13; В=0,09-0,11; С=0,25-0,27				

ДК 247 (ФАО 290) максимальну врожайність показала за густоти 80 тис рослин/га та обробки препаратом Хелафіт комбі – 4,65 т/га. Середньопізні лінії ДК 445 та ДК 411 максимальну врожайність насіння показали за густоти 70 тис рослин/га і обробки препаратом Хелафіт комбі – 6,30 т/га та 4,65 т/га відповідно [12].

Коефіцієнт кореляції між фотосинтетичним потенціалом і врожайністю насіння становив $r=+0,394$. Помірний коефіцієнт показує позитивний, але незначний вплив фотосинтетичного потенціалу на врожайність. Це свідчить про те, що збільшення фотосинтетичного потенціалу ценозу кукурудзи агротехнічними способами не завжди може гарантувати синхронне зростання врожайності 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.

Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) є показником ефективності елементів агротехнічних заходів. Чиста продуктивність фотосинтезу у наших дослідженнях залежала від обробітку біопрепаратами, густоти рослин, генотипових особливостей ліній. Використання для досліджень

батьківських ліній кукурудзи різних груп ФАО дало змогу виявити тенденцію до зростання показника чистої продуктивності фотосинтезу залежно від тривалості вегетаційного періоду у дослідних зразках.

На контрольному варіанті, без обробки біопрепаратами, максимальну величину чистої продуктивності фотосинтезу – 6,16 г/м² за добу було одержано у середньопізньої лінії ДК 445 за густоти 70 тис рослин/га. Найменшу чисту продуктивність фотосинтезу спостерігали у середньоранньої лінії ДК 281 (5,32 г/м² за добу) за густоти 70 тис рослин/га (табл. 2).

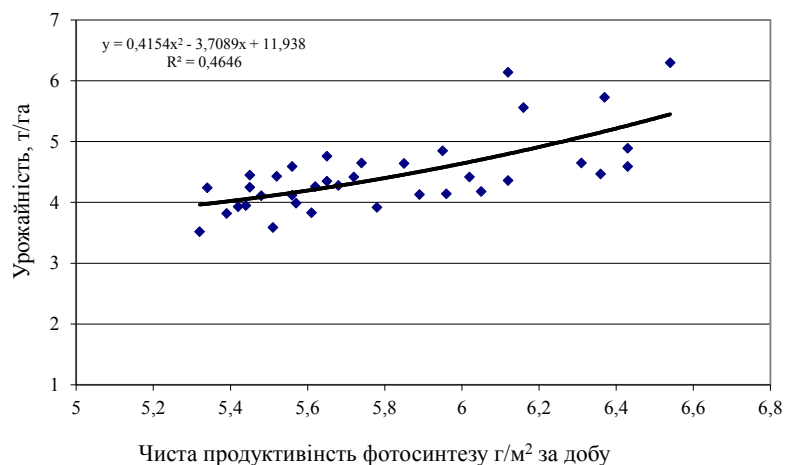


Рис. 2. Поліноміальна лінія тренду залежності чистої продуктивності фотосинтезу ліній-батьківських компонентів гібридів кукурудзи й урожайності насіння за зрощення, середнє за 2018–2020 рр.

У середньому за фактором С обробка біопрепаратами сприяла збільшенню чистої продуктивності фотосинтезу. Порівняно з контролем спостерігали збільшення чистої продуктивності фотосинтезу на 2,7% за обробки препаратом Біо-гель та на 5,1% – за обробки препаратом Хелафіт комбі.

Максимальну величину ЧПФ – 6,43 г/м² за добу було одержано у середньопізньої лінії ДК 445 за густоти 70 тис рослин/га та обробки біопрепаратом Хелафіт комбі.

Густота рослин впливає на величину чистої продуктивності фотосинтезу. Мінімальна величина ЧПФ у середньому за фактором В спостерігалася у ранньостиглої лінії ДК 281 (ФАО 190) за густоти 70 тис рослин/га – 5,48 г/м² за добу, максимальна – у пізньостиглої лінії ДК 445 також за густоти 70 тис рослин/га. Пізньостигла лінія ДК 411 максимальну величину ЧПФ показала за густоти 70 тис рослин/га – 6,30 г/м² за добу, середньорання лінія ДК 274 максимальну величину ЧПФ показала за густоти 80 тис рослин/га – 6,25 г/м² за добу, ранньостигла лінія ДК 281 максимальну величину ЧПФ показала за густоти 90 тис рослин/га – 5,81 г/м² за добу.

Коефіцієнт кореляції між урожайністю та чистою продуктивністю фотосинтезу дорівнює $r = +0,678$. Це свідчить про те, що чиста продуктивність фотосинтезу є показником адитивної дії генотипу лінії, щільності ценозу посіву та агротехнічних заходів (застосування рістрегулюючих препаратів) на врожайність насіння. Тому підвищити чисту продуктивність фотосинтезу неможливо одним агротехнічним заходом, а лише їх комплексом для кожної батьківської форми.

Значний коефіцієнт кореляції вказує на позитивний вплив чистої продуктивності фотосинтезу на врожайність насіння батьківських ліній кукурудзи, проте інтенсивність фотосинтезу необхідно корегувати щільністю ценозу для кожної лінії.

Висновки. Установлено, що обробіток біопрепаратами забезпечив прирост площі асиміляційного апарату. Обробіток біопрепаратом Біо-гель забезпечив приріст листової поверхні на 1,7 тис м²/га, або на 5,4%, обробіток препаратом Хелафіт комбі – на 2,4 тис м²/га, або на 7,5%.

Зростання площі асиміляційного апарату забезпечило загущення посівів з 70 до 80 та 90 тис/га і становило 2,5–6,3 м²/га.

Генотип лінії впливав на площу листової поверхні: найбільша площа листків рослин становила 37,3 тис м²/га у середньопізньої лінії ДК 445.

Фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи збільшується з подовженням тривалості періоду вегетації і досягав максимальних показників у середньопізньої лінії ДК 445 за густоти рослин 90 тис рослин/га й обробітку препаратом Хелафіт комбі – 3502,0 тис м²*діб. Максимальний фотосинтетичний потенціал посівів лінії кукурудзи всіх груп ФАО спостерігався за загущення посівів до 90 тис рослин/га – від 1994,7 тис м²*діб (лінія ДК 281) до 3431,2 тис м²*діб (лінія ДК 445).

Обробіток біопрепаратами сприяв збільшенню фотосинтетичного потенціалу на 5,1% від обробки препаратом Біо-гель та на 7,2% – від обробки препаратом Хелафіт комбі.

Максимальну величину ЧПФ – 6,43 г/м² за добу було одержано у середньопізньої лінії ДК 445 за густоти 70 тис рослин/га та обробки біопрепаратом Хелафіт комбі. Обробка біопрепаратами сприяла збільшенню показника чистої продуктивності фотосинтезу на 2,7% за обробки препаратом Біо-гель та 5,1% – за обробки препаратом Хелафіт комбі.

Значний коефіцієнт кореляції (+0,678) вказує на позитивний вплив чистої продуктивності фотосинтезу на врожайність насіння батьківських ліній кукурудзи.

Отримана максимальна врожайність насіння ранньостиглої лінії ДК 281 (ФАО 190) за густоти 90 тис рослин/га й обробки препаратом Хелафіт комбі – 3,65 т/га. Середньорання лінія ДК 247 (ФАО 290) максимальну врожайність показала за густоти 80 тис рослин/га та обробки препаратом Хелафіт комбі – 4,65 т/га. Середньопізні лінії ДК 445 та ДК 411 максимальну врожайність насіння показали за густоти 70 тис рослин/га й обробки препаратом Хелафіт комбі – 6,30 т/га та 4,65 т/га відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лавриненко Ю.О., Рубан В.Б. Динаміка листової поверхні рослин кукурудзи та фотосинтетичні показники посівів при краплинному способі поливу в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. № 4. С. 122–128.
2. Асанішвілі Н.М., Сербенюк Г.А., Бондарчук А.А. Фотосинтетична діяльність і продуктивність агрофітоценозів кукурудзи залежно від елементів технології вирощування у Північному Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2012. Вип. 3/4. С. 75–81.
3. Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis. *The basics. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 1991. № 42. P. 313–349. DOI: 10.1146/annurev.pp.42.060191.001525.
4. Saglam A., Saruhan N., Terzi R. et al. Relationship between antioxidant enzymes and chlorophyll fluorescence parameters in common bean varieties differing in sensitivity to drought stress. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2011. № 58. P. 60–68. URL: <https://doi.org/10.1134/S102144371101016X>.
5. Мамчур О.В. Фізіолого-біохімічні особливості формування продуктивності кукурудзи за впливу регуляторів росту рослин. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького*. 2013. Т. 15. № 1(2). С. 152–160. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnu_2013_15_1\(2\)_27](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnu_2013_15_1(2)_27).
6. Андриевский С. Как выбрать гибрид кукурузы и сэкономить при этом немалые деньги. *Зерно*. 2006. № 4. С. 36–39.
7. Lavrynenko Yu.O., Hlushko T.V. Adaptive potential of maize hybrids of FAO groups 190-500 in the Southern of Ukraine. *Зрошуване землеробство*. 2015. № 63. P. 24–28.
8. Вожегова Р., Лавриненко Ю., Гож О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від стимуляторів росту та мікродобрив в умовах зрошення. *Вісник аграрної науки*. 2016. Т. 94. № 7. С. 17–21.

9. Методика польового досліджу (Зрошуване землеробство) / В.О. Ушкаренко та ін. Херсон : Гринь Д.С., 2014. 448 с.

10. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : монографія / В.О. Ушкаренко та ін. Херсон : Айлант, 2009. 372 с.

11. Vozhehova R.A., Lavrynenko Y.O., Kokovikhin S.V., Lykhovyd P.V., Biliaeva I.M., Drobitko A.V., Nesterchuk V.V. Assessment of the CROPWAT 8.0 software reliability for evapotranspiration and crop water requirements calculations. *Journal of Water and Land Development*. Polish Academy of Sciences (PAN) in Warsaw. 2018. № 39(X–XII). P. 147–152. DOI: 10.2478/jwld-2018-0070.

12. 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. URL: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237140>.

REFERENCES:

1. Lavrynenko, Yu.O. & Ruban, V.B. (2014). Dynamika lystovoyi poverkhni roslyn kukurudzy ta fotosyntetichni pokaznyky posiviv pry kraplynnomu sposobi polyvu v umovakh Pivdnyia Ukrainy [Dynamics of leaf surface of corn plants and photosynthetic indicators of crops by drip irrigation in the South of Ukraine]. *Visnyk ahraryi nauky Prychornomor'ya – Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Coast*, 4, 122–128 [in Ukrainian].

2. Asanishvili, N.M., Serbenyuk, H.A. & Bondarchuk, A.A. (2012). Fotosyntetichna diyal'nist' i produktyvnist' ahrofitotsenoziv kukurudzy zalezno vid elementiv tekhnolohiyi vyroshchuvannya u Pivnichnomu Lisostepu [Photosynthetic activity and productivity of agrophytocenoses of corn depending on the elements of cultivation technology in the Northern Forest-Steppe]. *Zbirnyk naukovykh prats' NNTS «Instytut zemlerobstva NAAN» – Collection of scientific works of NSC "Institute of Agriculture NAAS"*, 3/4, 75–81 [in Ukrainian].

3. Weis, E. (1991). Chlorophyll fluorescence and photosynthesis. *The basics. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. № 42. Pp. 313–349. doi: 10.1146/annurev.pp.42.060191.001525

4. Saglam, A., Saruhan, N. & Terzi, R. et al. (2011). Relationship between antioxidant enzymes and chlorophyll fluorescence parameters in common bean varieties differing in sensitivity to drought stress. *Russian Journal of Plant Physiology*. № 58. C. 60–68 <https://doi.org/10.1134/S102144371101016X>

5. Mamchur, O.V. (2013). Fiziolo-hiobiohimichni osoblyvosti formuvannya produktyvnosti kukurudzy za vplyvu rehulyatoriv rostu Roslyn [Physiological and biochemical features of the formation of corn productivity under the influence of plant growth regulators]. *Naukovyy visnyk L'vivskoho natsional'noho universytetu veterynaranoi medytsyny ta biotekhnolohiy im. Gzhyts'koho – Scientific Bulletin of Gzhytsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology*, 15, 1(2), 152–160. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnu_2013_15_1\(2\)_27](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvlnu_2013_15_1(2)_27) [in Ukrainian].

6. Andriyevskiy, S. (2006). Kak vybrat' gibrid kukuruzy i sekonomit' pri etom nemalye den'gi [How to choose a corn hybrid and save a lot of money]. *Zerno – Corn*, 4, 36–39 [in Russian].

7. Lavrynenko, Yu.O. & Hlushko, T.V. (2015). Adaptive potential of maize hybrids of FAO groups 190-500 in the Southern of Ukraine. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*, 63, 24–28.

8. Vozhehova, R., Lavrynenko, Yu. & Hozh, O. (2016). Produktyvnist' hibrydiv kukurudzy zalezno vid stymulyatoriv rostu ta mikrodozv v umovakh zroshennya [Productivity of maize hybrids depending on growth stimulants and micronutrients under irrigation]. *Visnyk ahraryi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 94, 7, 17–21 [in Ukrainian].

9. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborod'ko, S.P. & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka pol'ovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Methods of field experiment (Irrigated agriculture)]*. Kherson: Hrin' D.S., 448 [in Ukrainian].

10. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborod'ko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2009). *Dypersiyunnyi i korelyatsiyunnyi analiz rezul'tativ pol'ovykh doslidiv [Dispersion and correlation analysis of results of field experiments]*. Kherson: Aylant, 372 [in Ukrainian].

11. Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Y.O., Kokovikhin, S.V., Lykhovyd, P.V., Biliaeva, I.M., Drobitko, A.V. & Nesterchuk, V.V. (2018). Assessment of the CROPWAT 8.0 software reliability for evapotranspiration and crop water requirements calculations. *Journal of Water and Land Development*. Polish Academy of Sciences (PAN) in Warsaw. No. 39 (X–XII). P. 147–152. DOI: 10.2478/jwld-2018-0070.

12. Vozhegova, R., Lavrynenko, Y. & Zabara, P. (2021). Biometric Indicators of lines – parents of maize hybrids of different FAO groups depending on biological treatment on irrigation. *Selektsiya i nasinnystvo – Breeding and seed production*, 119. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2021.237140>.