
ЗЕМЛРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО, ОВОЧІВНИЦТВО ТА БАШТАННИЦТВО

AGRICULTURE, CROP PRODUCTION,
VEGETABLE AND MELON GROWING

УДК 631.53.01:633.15:631.811.98:631.67(477.72)
DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.1>

ІНДЕКСИ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ У ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП ФАО ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ПОЛИВУ ТА ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ В ПОСУШЛИВОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

Аверчев О.В. – д.с.-г.н., професор, проректор
за наукової роботи та міжнародної діяльності,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
Іванів М.О. – к.с.-г.н., доцент, доцент кафедри механізації,
Херсонський державний аграрно-економічний університет
Лаєриненко Ю.О. – д.с.-г.н., професор,
головний науковий співробітник відділу селекції
Інститут зрошуваного землеробства
Національної академії аграрних наук України

Наведені результати досліджень вияву показників збиральної вологості зерна, індексу урожайності, індексу ефективної продуктивності та їх впливу на урожайність інноваційних гібридів кукурудзи за різних способів поливу та вологозабезпеченості в умовах Посушливого Степу.

Гібриди висівалися за різних способів поливу (дощування звичайне, краплинне зрошення, підґрунтове зрошення) та без зрошення для порівняння їх посухостійкості. Встановлена адаптованість гібридів різних груп ФАО до технологій поливу із певним рівнем вологозабезпеченості.

Реалізація потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи обмежується різними лімітованими факторами, одним із головних серед яких є адаптивна здатність гібридів і вологозабезпеченість. Пристосованість гібридів до ґрунтово-кліматичних умов зони Посушливого Степу та штучної вологозабезпеченості відображується параметрами індексів урожайності (ІУ), індексів ефективної продуктивності ($I_{\text{еф.прод.}}$), збиральної вологості зерна та їх зв'язків з урожайністю зерна.

Результати кореляційного аналізу показали, що в Посушливому Степу при зрошенні потенційно висока урожайність гібридів інтенсивного типу (ФАО 350-420) може реалізуватися за збиральної вологості 13-13,5%, тому необхідно добирати гібриди для виробництва з високим потенціалом продуктивності без обмежень за групами стиглості.

В умовах зрошення Індекс ефективної продуктивності також мав сильний додатний зв'язок з урожайністю зерна. Коефіцієнт кореляції становив 0,947, здебільшого на нього впливала урожайність зерна. Це дає можливість зробити висновки, що за умов зрошення у Посушливому Степу фактор групи стиглості гібридів кукурудзи не є вирішальним для отримання високої урожайності зерна в інтенсивних пізньостиглих гібридів із технологічною стиглістю качанів і високою ефективною виробництвом без штучного досушування.

Індекс урожайності є важливим показником реутилізації продуктів фотосинтезу гібридів кукурудзи у зерно. Цей показник був значно нижчим у гібридів, які вирощувалися без зрошення. Характерним є те, що він зменшувався з підвищенням групи стиглості гібридів від 0,32 до 0,20. Найбільша урожайність гібридів кукурудзи (15-16 т/га) досягається за індексу продуктивності на рівні 0,48-0,52. Високий рівень Індексу продуктивності та урожайності зерна досягається за умов краплинного зрошення.

Ключові слова: зрошення, кукурудза, гібрид, урожайність, зерно, індекс урожайності.

Averchev O.V., Ivaniv N.O., Lavrynenko Yu.O. Indices of yield and effective productivity of maize hybrids of different FAO groups under different methods of irrigation and moisture supply in the Dry Steppe of Ukraine

The results of research on the manifestation of indicators of harvesting moisture of grain, index of productivity, index of effective productivity and their influence on the productivity of innovative hybrids of maize under various methods of watering and moisture supply in the conditions of Dry Steppe are presented. Hybrids were sown under different irrigation methods (regular sprinkling, drip irrigation, subsurface irrigation) and without irrigation to compare their drought resistance. The adaptability of hybrids of different FAO groups to irrigation technologies with a certain level of moisture supply has been established. The realization of the productivity potential of maize hybrids is limited by various limited factors and one of the main ones is the adaptive capacity of hybrids and moisture supply. The adaptability of hybrids to the soil and climatic conditions of the Dry Steppe zone and artificial moisture is reflected in the parameters of yield indices (YI), indices of effective productivity (Ief. prod.), Harvesting grain moisture and their relationship with grain yield. The results of correlation analysis showed that in the Dry Steppe under irrigation, potential high yields of hybrids of intensive type (FAO 350-420) can be realized at a harvest humidity of 13-13.5%, so it is necessary to select hybrids for production with high productivity without restrictions by maturity groups. Under irrigation, the Efficiency Index also had a strong positive relationship with grain yield. The correlation coefficient was 0.947, and was more influenced by grain yield. This allows us to conclude that under conditions of irrigation in the Dry Steppe, the maturity factor of maize hybrids is not decisive for obtaining high grain yields in intensive late-maturing hybrids with technological maturity of cobs and high production efficiency without artificial drying. Yield index is an important indicator of reutilization of photosynthesis products of maize hybrids into grain. This rate was significantly lower in hybrids grown without irrigation. Characteristically, it decreased with increasing maturity group of hybrids from 0.32 to 0.20. The highest yield of maize hybrids (15-16 t / ha) is achieved according to the Productivity Index at the level of 0.48-0.52. A high level of Grain Productivity and Yield Index is achieved under drip irrigation.

Key words: irrigation, maize, hybrid, yield, grain, yield index.

Постановка проблеми. Кукурудза нині є основною зерновою культурою в Україні. Важливим резервом для підвищення урожайності та валових зборів зерна кукурудзи за змін клімату у напрямі посушливості є запровадження штучного зрошення, що дає можливість розкрити потенціал урожайності сучасних гібридів.

Проведення добору за допомогою рівнянь регресії найбільш оптимального гібридного складу для регіональних і локальних агрокліматичних умов Південного Степу дозволяє адаптувати зерновий потенціал із рівнем мінливості метеорологічних і агротехнічних показників [1]. Тому удосконалення сортових технологій і добір гібридів з певним рівнем адаптивності до агроекологічних зон і технологій є підґрунтям стабільності тренду зростання виробництва зерна в Україні [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стрімкі темпи росту виробництва кукурудзи зумовлені надзвичайно високою позитивною реакцією на генетичні зрушення та технологічні розробки. Розроблені моделі та створені на їх основі гібриди спеціального призначення для зрошення [3].

Штучне зрошення сприяє підвищенню продукційних процесів, покращує мікроклімат фітоценозу, сприяє ефективному використанню біокліматичного потенціалу. Удосконалення технологій вирощування кукурудзи за різних агро-екологічних умов та режимів зрошення дозволяє розкрити генотиповий потенціал продуктивності гібридів [4].

Дефіцит води є важливим абіотичним фактором стресу. Для запобігання стресу існують різні способи та режими зрошення. Дослідженнями доведено, що визначення параметрів взаємодії «генотип х середовище» ($G \times E$) за різних способів поливу та режимів зрошення дозволяє добирати генотипи, адаптовані до певного рівня дефіциту вологи. За різного вологозабезпечення змінюються ранги генотипів за урожайністю [5].

Ефективність використання води генотипами кукурудзи і сорго залежить від багатьох абіотичних факторів: погодні умови, температурний режим ґрунту та повітря, сезон вегетації, фотоперіоду. Біометричні показники та фенологічні фази розвитку дуже залежать від агроекологічних умов та мають генотип-середовищну реакцію, що впливає на вияв утилітарно значущої продукції [6, 7].

Висока урожайність зерна не є запорукою високої ефективності виробництва. Було встановлено, що на показники економічної ефективності виробництва зерна кукурудзи істотний вплив чинить вологість зерна під час збирання кукурудзи. На передзбиральну вологість зерна впливають умови навколишнього середовища, морфо-біологічні, фізіологічні особливості гібридів, технологічні елементи вирощування, структура зернівки качана [8].

Аналіз численного масиву даних економічної ефективності вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості показав, що існує певний кореляційний зв'язок середнього рівня між показниками урожайності зерна гібридів і рентабельністю виробництва ($r = 0,64$), а також між збиральною вологістю зерна та рентабельністю ($r = -0,34$).

Для ефективного добору гібридів кукурудзи з високою рентабельністю виробництва запропоновано використовувати Індекс ефективної продуктивності ($I_{\text{еф.прод.}}$), що визначається співвідношенням показників урожайності зерна і збиральної вологості. Цей показник має тісний взаємозв'язок із рентабельністю ($r = 0,95$) і характеризує найважливіші біологічні і господарські цінності гібридів кукурудзи та зумовлює економічну доцільність вирощування зерна. Для успішного функціонування галузі виробництва зерна кукурудзи слід здійснювати добір гібридів за ознаками продуктивності та інтенсивності вологовіддачі зерном при дозріванні. Окупність витрат технологічного циклу забезпечує Індекс ефективної продуктивності [9].

Важливим показником ефективності використання генотипу та технології є індекс урожайності (IY) або коефіцієнт господарської ефективності ($K_{\text{госп.}}$), що визначається відношенням маси корисної продукції (зерна) до всієї надземної сухої біомаси. Цей показник характеризує фізіологічні та біохімічні процеси рослин, спрямовані на формування у рослин продуктів асиміляції господарсько важливої частки біомаси (зерна). Встановлено, що цей показник може суттєво змінюватися залежно від гібридного складу та мінерального живлення, погодних умов та густоти рослин гібридів і коливався від 0,36 до 0,52 [10].

Індекс урожаю описує здатність рослин виділяти біомасу (асимілювати) у сформовану репродуктивну частку біомаси; отже, це важлива риса для селекції рослин. Його взаємозв'язок із біомасою та урожайністю зерна простежується протягом тривалого терміну створення нових генотипів.

Сучасні гібриди мають більший індекс продуктивності порівняно з минулими. Проте і сучасні інтенсивні гібриди мають значну варіабельність цього показника залежно від кліматичних, погодних, агротехнічних умов та їх взаємодії. Індекс урожайності у гібридів кукурудзи може коливатися від 0,2 до 0,56. Цей показник є надійним індикатором ефективності агротехнічних заходів і селекційних здобутків [11; 12; 13].

Нині на півдні України у виробництві поряд із традиційним дощуванням впроваджуються нові способи поливу – краплинне зрошення та підґрунтове. Ці способи поливу мають високу оперативність щодо корегування режимів зрошення та живлення, вимагають менших матеріальних витрат (краплинне зрошення) та більш надійні і довготривалі (підґрунтове зрошення).

У попередніх дослідженнях були проаналізовані результати випробування гібридів кукурудзи за різних способів поливу та вияву структури урожайності і їх взаємозв'язків з урожайністю [14]. У цій статті наводяться результати досліджень вияву індексів урожайності (ІУ) та індексів ефективної продуктивності ($I_{\text{еф.прод.}}$) у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різних способів поливу та вологозабезпеченості у Посушливому Степу України.

Постановка завдання. Метою досліджень є встановити параметри Індексів урожайності (ІУ) та Індексів ефективної продуктивності ($I_{\text{еф.прод.}}$) у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різних способів поливу та вологозабезпеченості у Посушливому Степу України і встановити їх вплив на урожайність зерна.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проведені відповідно до тематичного плану досліджень ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет» за завданням «Реалізація технології вирощування основних сільськогосподарських культур». Польові досліді виконувалися в агрофірмі «Сиваське» Новотроїцького району Херсонської області, яка розташована в агроекологічній зоні Посушливого Степу в межах дії Каховської зрошувальної системи у 2017–2019 рр. відповідно до загальноприйнятих методик [15].

Об'єктом досліджень були сучасні гібриди кукурудзи вітчизняної селекції різних груп стиглості. Гібриди висівалися за різних способів поливу (дощування звичайне, краплинне зрошення, підґрунтове зрошення) та без зрошення для порівняння їх посухостійкості.

Ґрунт дослідної ділянки – темно-каштановий середньосуглинковий слабкосолонцюватий із глибоким рівнем залягання ґрунтових вод. Орний горизонт знаходиться в межах 0–30 см. Найменша вологоємність 0,7 м шару ґрунту становить 22,0%, вологість в'янення – 9,7% від маси сухого ґрунту. В орному шарі ґрунту міститься гумусу 2,1%. Агротехніка вирощування гібридів кукурудзи в досліді була загальноприйнятною для зони півдня України. Попередник – соя.

Основним критерієм планування режиму зрошення був рівень передполивної вологості ґрунту (далі – РПВГ), який підтримувався на рівні 80% НВ на всіх етапах органогенезу і вважається біологічно оптимальним режимом зрошення кукурудзи [16].

Результати досліджень. Реалізація потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи обмежується різними лімітованими факторами, одними з головних є адаптивна здатність гібридів і вологозабезпеченість. Пристосованість гібридів до ґрунтово-кліматичних умов зони Посушливого Степу та штучної вологозабезпеченості відображується параметрами індексів урожайності (ІУ), індексів ефективної продуктивності ($I_{\text{еф.прод.}}$), збиральної вологості зерна та їх зв'язків з урожайністю зерна.

У таблиці наведені показники індексів урожайності (ІУ), індексів ефективної продуктивності ($I_{\text{еф.прод.}}$), збиральної вологості зерна та урожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різної вологозабезпеченості та способів поливу.

Таблиця 1

Індекс ефективної продуктивності та індекс урожайності гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів поливу та без зрошення (2017–2019 рр.)

Спосіб вологозабезпечення	Гібрид	ФАО	Листково-стеблова маса, т/га	Урожайність зерна, т/га	Збиральна вологість зерна, %	Індекс ефективної продуктивності	Індекс урожайності	
Без поливу (природне зволоження)	Степовий	190	6,97	3,28	11,3	2,90	0,32	
	Пивиха	180	6,79	3,05	12,1	2,52	0,31	
	Скадовський	290	6,95	2,57	12,3	2,09	0,27	
	Хотин	280	7,80	2,74	12,0	2,28	0,26	
	Каховський	380	8,01	2,13	12,4	1,72	0,21	
	Росток	340	7,44	2,35	12,6	1,87	0,24	
	Арабат	420	7,72	1,81	12,8	1,41	0,19	
	Софія	420	7,68	1,92	12,9	1,49	0,20	
	Середнє				2,48	12,3		
	НІР ₀₅				0,25	0,11		
Полив дощуванням	Степовий	190	10,38	11,24	12,2	9,21	0,52	
	Пивиха	180	11,49	11,04	12,3	8,98	0,49	
	Скадовський	290	15,03	11,34	13,1	8,66	0,43	
	Хотин	280	10,31	11,63	13,4	8,68	0,53	
	Каховський	380	13,11	12,10	13,6	8,90	0,48	
	Росток	340	12,22	12,22	13,5	9,05	0,50	
	Арабат	420	14,82	13,14	13,7	9,59	0,47	
	Софія	420	13,43	13,43	13,4	10,02	0,50	
	Середнє				12,02	13,5		
	НІР ₀₅				0,32	0,14		
Полив краплиним зрошенням	Степовий	190	10,16	11,46	12,1	9,47	0,53	
	Пивиха	180	11,67	11,21	12,0	9,34	0,49	
	Скадовський	290	13,39	11,41	12,4	9,20	0,46	
	Хотин	280	10,62	12,47	12,6	9,90	0,54	
	Каховський	380	13,76	13,22	13,1	10,09	0,49	
	Росток	340	12,55	14,15	13,5	10,48	0,53	
	Арабат	420	16,50	15,23	13,7	11,12	0,48	
	Софія	420	15,16	15,78	13,6	11,60	0,51	
	Середнє				13,12	12,9		
	НІР ₀₅				0,41	0,09		

Продовження таблиці 1

Полив підгрунтовим зрошенням	Степовий	190	11,12	10,68	12,1	8,83	0,49
	Пивиха	180	11,71	10,81	12,2	8,86	0,48
	Скадовський	290	12,88	10,12	12,6	8,03	0,44
	Хотин	280	13,75	12,19	12,8	9,52	0,47
	Каховський	380	15,46	12,65	13,0	9,73	0,45
	Росток	340	14,89	13,74	13,7	10,03	0,48
	Арабат	420	16,68	14,21	13,6	10,45	0,46
	Софія	420	13,67	14,81	13,5	10,97	0,52
	Середнє			12,40	12,9		
	НІР ₀₅			0,34	0,12		

Збиральна вологість зерна в усіх гібридів була нижчою граничних показників для комбайнового збирання. Це відбувалося завдяки посушливому клімату та за достатніх температур повітря для фізіологічного і технічного дозрівання гібридів. Найменшою вологість зерна була у скоростиглих гібридів (11-12%), проте у пізньостиглих гібридів збиральна вологість зерна також не перевищувала 14%. Різниця вологості зерна гібридів, які вирощувалися без зрошення і на поливі, була мінімальною, що свідчить про достатність агроекологічних умов Посушливого Степу для дозрівання гібридів усіх груп ФАО.

Індекс ефективної продуктивності був досить високим, що вказує на більшу актуальність цього показника в умовах Північного Степу, Лісостепу та Полісся, де збиральна вологість зерна гібридів кукурудзи перевищує 20% і є суттєвим чинником економічної ефективності виробництва зерна кукурудзи. За поливу індекс ефективної продуктивності значно підвищувався, що свідчить про підвищення економічної ефективності виробництва зерна при достатньому вологозабезпеченні рослин.

Розрахунки залежності збиральної вологості зерна і урожайності зерна без зрошення у гібридів показали високий ступінь від'ємного зв'язку (рис. 1). Максимального рівня урожайності (3-3,5 т/га) можна було досягти за збиральної вологості 11-11,5%, що свідчить про більшу продуктивність скоростиглих гібридів за умов недостатньої вологозабезпеченості.

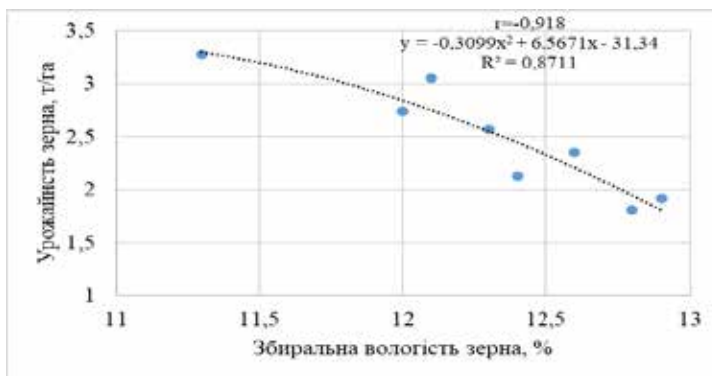


Рис. 1. Поліноміальна лінія тренду залежності збиральної вологості зерна гібридів кукурудзи і урожайності зерна без зрошення, 2017-2019 рр.

Проте за умов зрошення зв'язок збиральної вологості і урожайності мав протилежну спрямованість (рис. 2). Коефіцієнт кореляції становив 0,767, що вказує на суттєве збільшення потенціалу продуктивності у високо інтенсивних гібридів. Результати кореляційного аналізу показали, що в Посушливому Степу при зрошенні потенційно висока урожайність гібридів інтенсивного типу (ФАО 350-420) може реалізовуватися за збиральної вологості 13-13,5%, тому необхідно добирати гібриди для виробництва з високим потенціалом продуктивності без обмежень за групами стиглості.

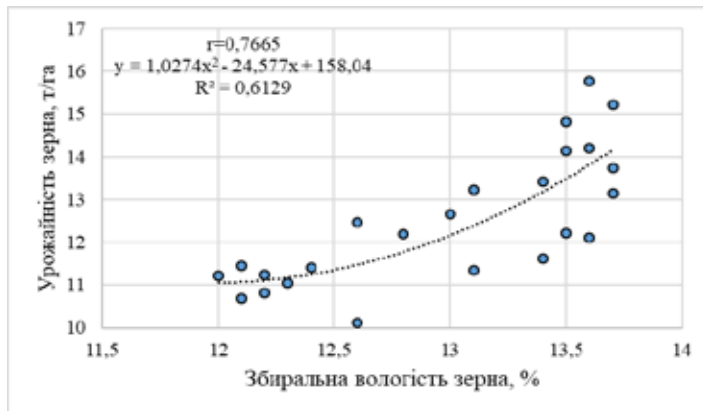


Рис. 2. Поліноміальна лінія тренду залежності збиральної вологості зерна гібридів кукурудзи і урожайності зерна при зрошенні, 2017-2019 рр.

Індекс ефективної продуктивності гібридів кукурудзи мав сильний додатний зв'язок з урожайністю зерна без зрошення (рис. 3). Проте такий зв'язок здебільшого пов'язаний з урожайністю зерна, яка була більшою у скоростиглих гібридів.

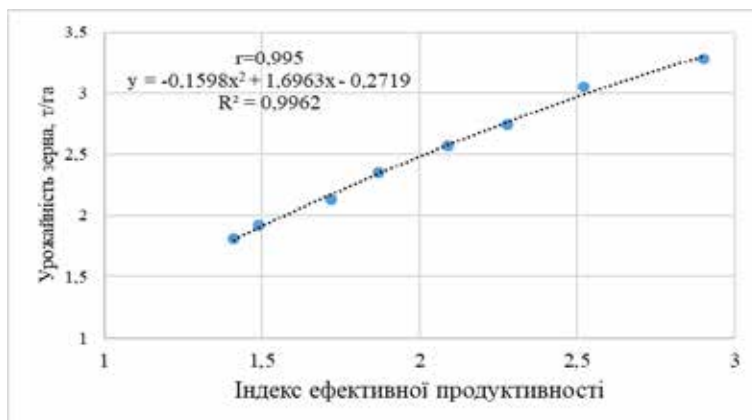


Рис. 3. Поліноміальна лінія тренду залежності індексу ефективної продуктивності гібридів кукурудзи і урожайності зерна без зрошення, 2017-2019 рр.

В умовах зрошення індекс ефективної продуктивності також мав сильний додатний зв'язок з урожайністю зерна (рис. 4). Коефіцієнт кореляції становив 0,947, здебільшого на нього впливала урожайність зерна. Це дає можливість зро-

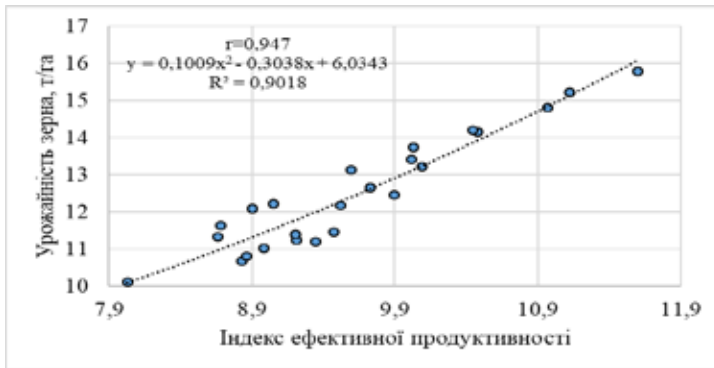


Рис. 4. Поліноміальна лінія тренду залежності індексу ефективної продуктивності гібридів куку-рудзи і урожайності зерна при зрошенні, 2017-2019 рр.

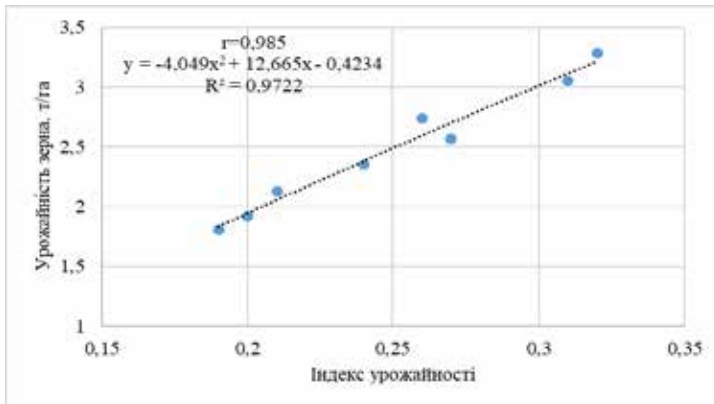


Рис. 5. Поліноміальна лінія тренду залежності індексу урожайності гібридів кукурудзи і урожайності зерна без зрошення, 2017-2019 рр.

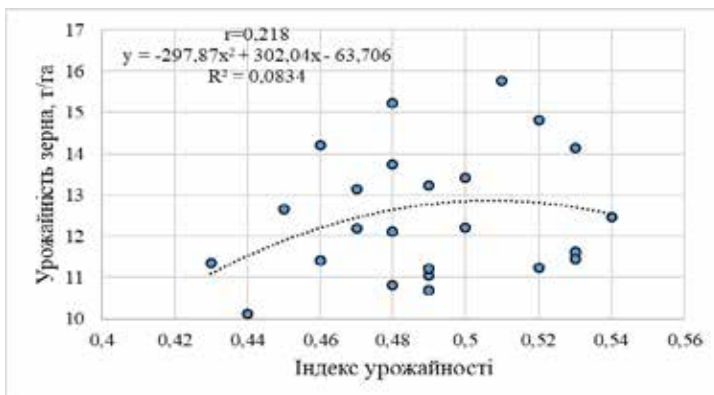


Рис. 6. Поліноміальна лінія тренду залежності індексу урожайності гібридів кукурудзи і урожайності зерна при зрошенні, 2017-2019 рр.

бити висновки, що за умов зрошення у Посушливому Степу фактор групи стиглості гібридів кукурудзи не є вирішальним для отримання високої урожайності зерна в інтенсивних пізньостиглих гібридів із технологічною стиглістю качанів і високою ефективністю виробництва без штучного досушування.

Індекс урожайності є важливим показником реутилізації продуктів фотосинтезу гібридів кукурудзи у зерно. Цей показник був значно нижчим у гібридів, які вирощувалися без зрошення. Характерним є те, що він зменшувався з підвищенням групи стиглості гібридів від 0,32 до 0,20. Це свідчить про те, що без поливу інтенсивні гібриди кукурудзи формують переважну частку листостеблової маси у загальній біомасі рослин гібридів.

За умов зрошення індекс урожайності був значно вищим і коливався в межах 0,43-0,54 (табл. 1). Це досить високі показники, що свідчать про високий рівень накопичення продуктів асиміляції у господарсько-корисних репродуктивних частинах рослин сучасних інтенсивних гібридів кукурудзи.

Залежність індексу урожайності і урожайності зерна гібридів без зрошення була на високому рівні (рис. 5). Проте насамперед це пов'язано з групою стиглості гібридів і більшою здатністю реутилізації продуктів фотосинтезу у зерно гібридів скоростиглої групи.

Залежність індексу урожайності і урожайності зерна гібридів в умовах зрошення була на низькому рівні (рис. 6). Слабка кореляція ($r = 0.218$) вказує на високу ефективність селекційних розробок у створенні інтенсивних гібридів з високими показниками індексу урожайності за оптимальних технологій. Найбільш високий рівень урожайності (15-16 т/га) досягається за індексу урожайності на рівні 0,48-0,52. Найбільш високий індекс продуктивності та урожайності зерна досягається за умов краплинного зрошення (табл. 1).

Висновки і пропозиції. Технолого-економічні показники гібридів кукурудзи (збиральна вологість зерна, індекс ефективної продуктивності, індекс урожайності) мають суттєвий, проте різноспрямований вплив на урожайність зерна в сучасних вітчизняних гібридів кукурудзи за різних способів поливу та вологозабезпеченості в Посушливому Степу України.

Збиральна вологість зерна і урожайність зерна без зрошення у гібридів показали високий ступінь від'ємного зв'язку. Максимального рівня урожайність (3-3,5 т/га) досягає за збиральної вологості 11-11,5%, що свідчить про більшу продуктивність скоростиглих гібридів за умов недостатньої вологозабезпеченості.

У Посушливому Степу при зрошенні потенційно висока урожайність гібридів інтенсивного типу (ФАО 350-420) реалізується за збиральної вологості 13-13,5%, тому необхідно добирати гібриди для виробництва з високим потенціалом продуктивності без обмежень за групами стиглості. За умов зрошення у Посушливому Степу фактор групи стиглості гібридів кукурудзи не є вирішальним для отримання високої урожайності зерна в інтенсивних пізньостиглих гібридів із технологічною стиглістю качанів і високою ефективністю виробництва без штучного досушування.

Індекс урожайності є важливим показником реутилізації продуктів фотосинтезу гібридів кукурудзи у зерно. Цей показник був значно нижчим у гібридів, які вирощувалися без зрошення. Характерним є те, що він зменшувався з підвищенням групи стиглості гібридів від 0,32 до 0,20. Найбільша урожайність гібридів кукурудзи (15-16 т/га) досягається за індексу урожайності на рівні 0,48-0,52. Вищий рівень індексу урожайності зерна досягається за умов краплинного зрошення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Коковіхін С.В., Біляєва І.М., Дробітько А.В. Наукове обґрунтування технологій вирощування кукурудзи на зрошуваних землях з урахуванням гідротермічних чинників і змін клімату. *Зрошуване землеробство*. Херсон : «Гельветика». 2020. 73. 21–26. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.3>.
2. Vozhegova R.A., Hozh O.A. Productivity of corn hybrids of different FAO groups depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation in the south of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 2016. Vol. 3. № 1. P. 55–60. DOI: 10.15407/agrisp3.01.055.
3. Marchenko T.Yu. Innovative elements of cultivation technology of corn hybrids of different FAO groups in the conditions of irrigation. *Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph*. Lviv-Torun : Liha-Pres, 2019. P. 137–153. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-154-4/135-152>. <https://catalog.lihapres.eu/index.php/liha-pres/catalog/book/63>.
4. Vozhegova R.A., 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. <http://www.degruyter.com/view/j/jwld> DOI: 10.2478/jwld-2018-0070.
5. Sijesh Natarajan, Jaya Basnayake, Prakash Lakshmanan, Shu Fukai (2020). Limited contribution of water availability in genotype-by-environment interaction in sugarcane yield and yield components. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 206(2). 00:1–14. Volume 206, Issue 2. April 2020 <https://doi.org/10.1111/jac.12407>.
6. Maria Antonia Machado Barbosa, Kacilda Naomi Kuki, Pedro Santos Peno Bengala, Emilly dos Santos Pereira, Angélica Fátima de Barros, Sebastián Giraldo Montoya, Leonardo Duarte Pimentel (2019). Phenological and physiological evaluation of first and second cropping periods of sorghum and maize crops. *Journal of Agronomy and Crop Science*. Volume 206, Issue 2. 263-276. <https://doi.org/10.1111/jac.12377>.
7. Agnieszka Wnuk, Andrzej G. Górny, Jan Bocianowski, Marcin Kozak. Visualizing harvest index in crops. Communications in Biometry and Crop Science. *International Journal of the Faculty of Agriculture and Biology*. Warsaw University of Life Sciences, Poland. 2013. VOL. 8, № 2, P. 48–59. <http://AGROBIOL.SGGW.WAW.PL/CBCS>.
8. Танчик С.П., Центило Л.В. Оптимізація строків сівби кукурудзи в Правобережному Лісостепу. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2011. Вип. 1-2. С. 109-113.
9. Пащенко Ю.М., Борисов В.М, Шишкіна О.Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи. Дніпропетровськ : АРТ-ПРЕС, 2009. С. 178-180.
10. Каленська С.М., Таран В.Г. Індекс урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, норм добрив і погодних умов вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14. № 4. С. 415–421. doi: 10.21498/2518-1017.14.4.2018.151909.
11. Unkovich M., Baldock J., Forbes M. Variability in harvest index of grain crops and potential significance for carbon accounting: examples from Australian agriculture. *Adv. Agron.* 2010. Vol. 105. P. 173–219. doi: 10.1016/S0065-2113(10)05005-4.
12. Birch C.J., McLean G., Sawers A. Analysis of high yielding maize production – a study based on a commercial crop. *Aust. J. Exp. Agr.* 2008. Vol. 48, Iss. 3. P. 296–303. doi: 10.1071/EA06103.
13. Ion V., Dicu G., Dumbravă M. et al. Harvest index at maize in different growing conditions. *Rom. Biotech. Lett.* 2015. Vol. 20, № 6. 10951–10960.
14. Аверчев О.В., Іванів М.О., Лавриненко Ю.О. Мінливість елементів структури продуктивності у гібридів кукурудзи різних груп ФАО та їх зв'язок з урожайністю зерна за різних способів поливу та вологозабезпеченості у Посушливому