

НАПРЯМИ АДАПТАЦІЇ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

ДРОБІТЬКО А.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-6492-4558>

Миколаївський національний аграрний університет

КОКОВІХІН С.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-1687-6889>

Інститут зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України

БІЛЯЄВА І.М. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0003-0688-4209>

Інститут зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України

ПІЛЯРСЬКА О.О. – кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0001-8649-0618>

Інститут зрошувального землеробства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Головні фактори, що визначають продуктивність рослинного організму, поділяються на три складові групи: кліматичні – світло, тепло, вода, газовий склад повітря; едафічні – структура ґрунту, його хімічний склад; біологічні – різноманітні мікроорганізми, рослинні та тваринні організми – як корисні, так і шкідливі). Причому певні види рослин мають специфічну потребу в кожному з факторів життя, а також в оптимальному їх сполученні [1]. Врахування показників продукційного процесу сільськогосподарських культур має велике значення в напрямках підвищення ефективності землеробської галузі й аграрного сектору економіки. Вивчення впливу на рівень урожаю показників ФАР дає змогу оптимізувати дію агротехнічних факторів й економічних умов, у яких здійснюється сільськогосподарське виробництво, а також підвищити ефективність організаційно-господарської діяльності кожного підприємства. Проте останнім часом майже відсутні аналітичні дослідження щодо оцінки показників ФАР на формування продуктивності рослин із врахуванням їхнього впливу на врожайність, якісні та інші показники [2; 3]. Тому дослідження з наукового обґрунтування інтенсивних технологій вирощування вітчизняних гібридів кукурудзи на зрошуваних землях південного Степу України з врахуванням гідротермічних чинників і змін клімату мають велике значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багатьма експериментами доведено, що 90–95% врожайності с.-г. культур формується завдяки надходженню сонячної енергії та вуглекислого газу атмосфери. Загалом, усі агротехнічні заходи (зрошення, внесення добрив, обробіток ґрунту тощо) має бути спрямовано на те, щоб максимально сприяти рослинам краще використовувати сонячну енергію та продукувати найвищу кількість органічної речовини [4; 5].

Одним із головних завдань рослинницької галузі є підвищення коефіцієнта корисної дії (далі – ККД) використання сонячної енергії (K_0), який відображає відношення кількості енергії, що акумулювалося у продуктах фотосинтезу або утворилася в біомасі врожаю, до кількості використаної радіації. Згідно з дослідженнями А.А.Ничипоровича максимальний теоретично можли-

вий ККД ФАР на засвоєння однієї молекули CO_2 в процесі фотосинтезу потребує в межах 8–10 квантів сонячного світла [6–8].

Матеріал і методи досліджень. Метою проведення досліджень було науково обґрунтувати інтенсивні технології вирощування зерна кукурудзи на зрошуваних землях південного Степу України з врахуванням гідротермічних чинників і змін клімату.

Вихідними матеріалами для моделювання й прогнозування були експериментальні дані польових дослідів із кукурудзою, проведених на дослідних ділянках Інституту зрошувального землеробства НААН за період 1970–2018 рр. Агротехніка вирощування кукурудзи в досліді була загальноновизнаною для зони зрошення півдня України. Для встановлення статистичних моделей та індексного аналізу використовували показники Херсонської агрометеорологічної станції [9], яка розташована поряд із дослідним полем Інституту зрошувального землеробства НААН. Дослідження з цього напрямку проведено з використанням спеціальних методик із застосування інформаційних технологій у сільському господарстві [10].

Результати досліджень. Глобальні та регіональні зміни клімату, які проявляються у зростанні температурного режиму на фоні зменшення кількості опадів, вимагають від учених аграрного сектору розроблення та впровадження інноваційних технологій вирощування сільськогосподарських культур на основі відновлення й розвитку зрошення, біологізації сільського господарства та сталого розвитку територій.

Як приклад регіональних змін клімату можна навести особливості погодних умов, які склалися наприкінці 2019-го і в січні – лютому 2020 року й були дуже нетиповими для умов південного Степу України. Вони характеризувалися дуже високим температурним режимом і значною кількістю опадів, що зумовило переростання озимих культур та пришвидшення їх розвитку на 15–20 днів і більше порівняно із середньобагаторічними показниками (рис. 1).

Навпаки, погодні умови березня та першої декади квітня 2020 року характеризувалися гострим дефіцитом атмосферних опадів на фоні надзвичайно високих коли-

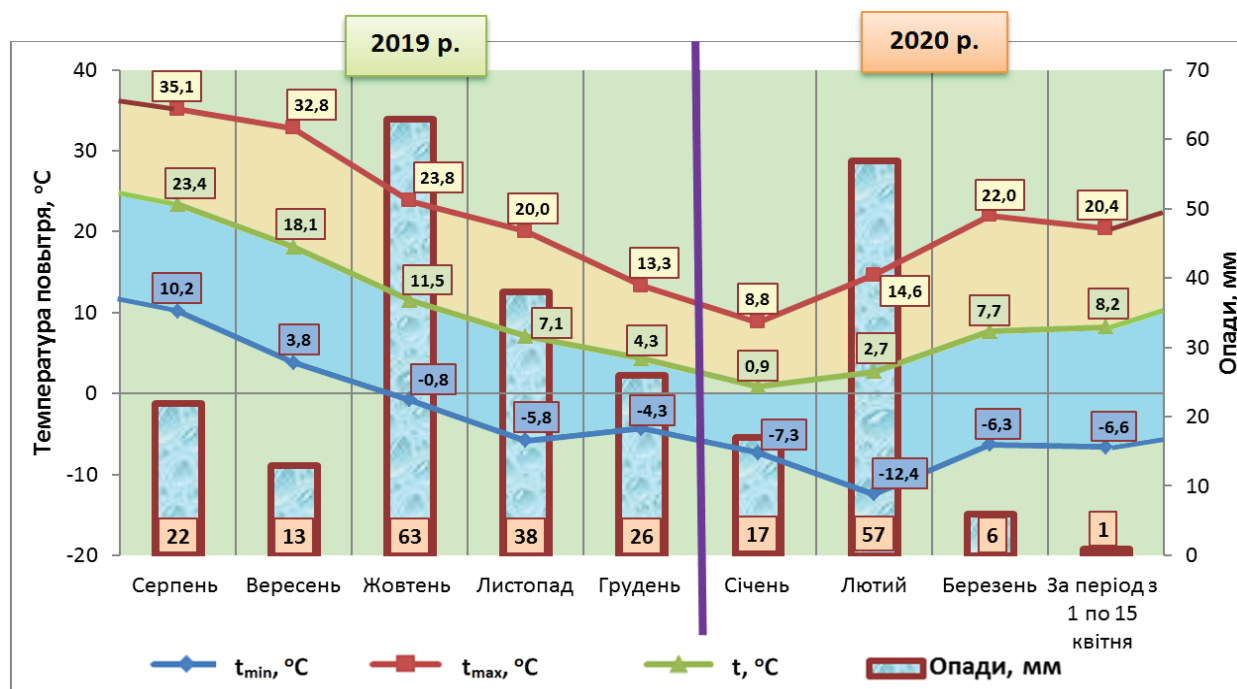


Рис. 1. Динаміка показників температури повітря (мінімальної – t_{min} , $^{\circ}\text{C}$, максимальної – t_{max} , $^{\circ}\text{C}$, середньої – t , $^{\circ}\text{C}$) та кількості атмосферних опадів періоду наприкінці 2019-го та на початку 2020 року (за даними Херсонської агрометеорологічної станції)

вань температури повітря від $-6,3$ – $6,6$ до $+20,4$ – $22,0$ $^{\circ}\text{C}$, тобто цей діапазон становив $26,7$ – $28,6$ $^{\circ}\text{C}$. За таких несприятливих погодних умов відбулося пошкодження точок росту озимих культур, що спричинило масову загибель рослин. Ситуація, що склалася, може призвести до неможливості отримання цього року запланованих обсягів зерна і насіння зернових культур. Тому за умов змін клімату найбільше значення має розвиток зрошення й адаптування технологій вирощування до метеорологічних чинників для стабілізації зерновиробництва шляхом розширення посівних площ кукурудзи на зрошуваних землях, підвищення врожайності та якості зерна, зростання економічної ефективності зерновиробництва, забезпечення зниження антропогенного тиску на агроєкосистеми.

Узагальнення результатів багаторічних досліджень дали змогу виявити істотну амплітуду в коливаннях рівня врожайності зерна кукурудзи за окремими роками, зростання її в середньовологі та вологі роки та суттєве зниження в середньосухі та сухі. Причому найменші коливання врожайності спостережено в середньостиглих гібридів, а найвищі – у ранніх.

Статистичним аналізом встановлено дуже високу різницю у мінливості як метеорологічних, так і агрономічних показників. Зокрема, сума температур повітря понад 5 $^{\circ}\text{C}$ за досліджуваний період характеризувалася мінімальним діапазоном варіювання (V становив лише $7,4$ %) за довірчого інтервалу від 1900 до 1999 $^{\circ}\text{C}$. Дещо підвищилася мінливість сум ефективних температур понад 10 $^{\circ}\text{C}$ – коефіцієнт варіювання зріс до $11,2$ % за середньобагаторічного значення цього показника $1302 \pm 23,3$ $^{\circ}\text{C}$. Щодо надходження опадів встановлено дуже високий ступінь варіювання (V дорів-

нює $34,7$ % за довірчого діапазону 1730 – 2198 $\text{m}^3/\text{га}$). Це свідчить про суттєву нерівномірність природного зволоження й обґрунтовує застосування зрошення в умовах південного Степу України.

Істотна мінливість надходження атмосферних опадів зумовила значне варіювання ($25,2$ %) величини зрошувальних норм, які дорівнювали в середньому за 1970 – 2018 рр. $1924 \pm 77,7$ $\text{m}^3/\text{га}$. Проте, враховуючи взаємопов'язаний вплив опадів і зрошувальних норм на сумарне водоспоживання, цей показник характеризувався середнім ступенем мінливості ($11,5$ %) у довірчому інтервалі 4275 – 4627 $\text{m}^3/\text{га}$.

Нашими розрахунками встановлено, що за оптимального режиму зрошення рівень сприятливості агрометеорологічних умов для росту й розвитку кукурудзи на зерно коливається за період 1970 – 2018 рр. від $0,42$ до $1,49$, за середньобагаторічного значення $1,0$ (рис. 2).

Значні коливання індексу оцінки агрометеорологічних умов зумовлені річними коливаннями окремих метеорологічних показників. Статистичне моделювання показує, що найбільш сприятливі погодні умови склалися в періоди 1980 – 1983 , 1991 – 1993 , 1997 , 2004 , 2018 рр. У зазначені роки спостерігалася підвищене надходження атмосферних опадів і помірний термічний режим. Навпаки, у 1994 – 1996 , 1998 – 1999 і 2006 – 2007 рр. зазначено різке зниження продуктивності кукурудзи внаслідок надзвичайно високих температур повітря, різкого дефіциту природного зволоження, сухів тощо. За останні роки (2014 – 2018 рр.) внаслідок сприятливих погодних умов продуктивність кукурудзи підвищується.

Статистичний аналіз метеорологічних даних за окремими місяцями за період 1970 – 2008 рр. свідчить, що, як

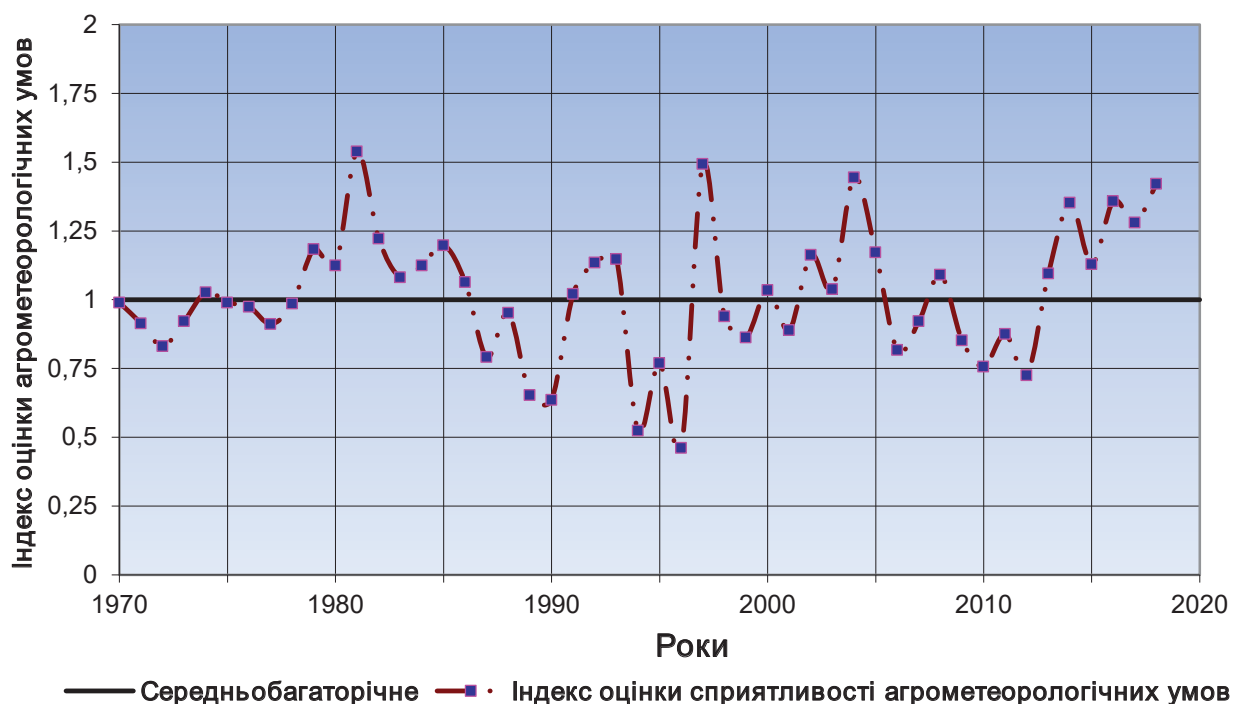


Рис. 2. Індекс оцінки агрометеорологічних умов вегетації кукурудзи на зерно

і загалом за рік, температурний режим вирізняється стабільністю (V коливається від 3,0 до 4,8 %), а атмосферні опади – суттєвим варіюванням (табл. 1).

Найвища мінливість (коефіцієнт варіації – 42,9%) спостережено щодо надходження опадів у серпні місяці від 0 до 120,2 мм, що свідчить про необхідність ретельного дотримання режиму зрошення в цей період. За допомогою індексного методу можна змодельювати вплив агрометеорологічних умов на формування врожаю кукурудзи на зерно впродовж вегетаційного періоду.

Для оцінки індексу сприятливості агрометеорологічних умов для вегетаційного періоду кукурудзи на зерно загалом за період вегетації можна використати суму впливу кожного окремого місяця з відповідними коефіцієнтами впливу. Крім того, розрахункові індекси агрометеорологічних умов вегетації зернової кукурудзи можна використати для прогнозу врожайності з використанням фактичних показників середньодобової температури повітря та опадів.

Результати наших розрахунків прогнозованої врожайності кукурудзи на зерно та порівняння її з фактичною продуктивністю рослин свідчать про несуттєві похибки ($\pm 2,2-3,7$ %) і можливість використання наведеного вище методу для встановлення рівня врожаю зерна як у науково-дослідних цілях, так і у виробничих умовах.

Найвищі витрати теплових ресурсів на тону зерна кукурудзи ($T_v=677,8$) були в сухому 2002 р. в пізньостиглих гібридів, також у цьому варіанті встановлено мінімальний коефіцієнт корисної дії ФАР ($\eta_{\phi}=0,87\%$). Це пояснюється дуже несприятливими погодними умовами цього року (високою температурою та низькою відотною вологістю повітря) під час наливу зерна гібридів пізньостиглої групи. Найоптимальніше використовували термічні ресурси ($T_v=201,6$) та прихід фотосинтетичний активній радіації ($\eta_{\phi}=3,20\%$) пізньостиглі гібриди в середньосухому 2006 р.

Таблиця 1 – Статистичні характеристики середньомісячної температури повітря та місячної суми опадів протягом вегетації кукурудзи на зерно (середнє за 1970–2018 рр.)

Місяці	Показники					
	температура			опади		
	min, °C	max, °C	коефіцієнт варіації (V), %	min, мм	max, мм	коефіцієнт варіації (V), %
Травень	13,42	19,47	3,9	6,3	143,3	22,0
Червень	18,21	23,66	4,8	4,1	99,5	17,5
Липень	19,93	26,63	3,0	1,0	138,9	26,7
Серпень	18,46	25,51	3,9	0	120,2	42,9
Вересень	13,51	20,75	3,7	0,8	120,2	33,5

Зведення одержаних п'ятнадцятирічних результатів польових дослідів за блоками років за природною вологозабезпеченістю та групами стиглості дало змогу виявити різницю в динаміці врожайних даних зерна кукурудзи в напрямі її стійкого зростання від сухих років до вологих (табл. 2).

Найвища врожайність (10,3–12,6 т/га) гібридів усіх груп стиглості формується у вологі роки, а найменша (5,9–7,0 т/га) – у сухі. Такі самі тенденції виявлено й під час оцінки показників температурного індексу та коефіцієнта корисної дії ФАР.

У середньому за роки досліджень встановлено, що теплоенергетичні фактори найкраще використовують ранні та середньостиглі гібриди, які мають показники температурного індексу 304,1 і 305,1 та коефіцієнти корисної дії ФАР – 2,15 %. У пізньостиглих гібридів зазначено зростання T_u на 5,1–5,4 % та зниження η_{ϕ} на 2,4 % відповідно.

Варіаційний і кореляційний аналіз дав змогу встановити різні за силою та спрямованістю взаємозв'язки врожайності кукурудзи з основними теплоенергетичними чинниками (табл. 3).

Варіаційний аналіз врожайних даних свідчить про їхню стабільність у вологі, середні та середньовологі роки, оскільки коефіцієнт варіації коливається в межах 9,2–10,4 %. Проте в середньосухі та сухі роки спостерігається зростання показників продуктивності зернової кукурудзи у 2,5–2,9 раза (V становить 25,8 і 26,6 %).

Оцінка варіювання термічних ресурсів довела стабільність показника суми температур за період вегетації, але й істотну відмінність температурного індексу, який у вологі роки має незначну мінливість ($V = 5,1$ %),

середню ($V = 18,6$ і 12,4 %) – у середньовологі та середні роки, суттєву ($V = 23,2$ і 33,5 %) – у середньосухі та сухі роки. Це явище свідчить про позитивний вплив підвищеної температури повітря у вологі роки на інтенсивність продукційних процесів рослин.

Показники надходження фотосинтетично-активної радіації (Q_{ϕ}) вирізнялися середнім ступенем мінливості з варіюванням у межах від 11,2 до 19,7 %. Коефіцієнт корисної дії ФАР найвищу стабільність проявив у вологі роки ($V = 6,5$ %), середні рівень ($V = 12,8$ %) – у середні, а в інші – вирізнявся високим ступенем мінливості ($V = 26,2$ –31,6 %).

Цікаві результати показав кореляційний аналіз показників природної теплозабезпеченості. У вологі роки встановлено дуже високий ступінь зв'язку суми температур повітря з рівнем врожайності зерна кукурудзи з коефіцієнтом кореляції 0,90 та визначення рівня врожаю на 81 %, що зумовлено стримувальною дією температури повітря за умов високої вологозабезпеченості. В інші за дефіцитом випаровування роки спостерігається зниження ступеня зв'язку у 2,2–4,5 раза.

Схожі залежності щодо продуктивності кукурудзи встановлені й щодо показника фотосинтетично-активної радіації, оскільки лише у вологі роки зафіксовано високий ступінь зв'язку ($r = 0,91$) за 81 % рівня впливу формування врожаю зерна досліджуваної культури. В інші роки спостерігається слабкий додатний і від'ємний зв'язок між цими показниками за коефіцієнтів кореляції від -0,17 до 0,34, а в сухі роки – зв'язок практично відсутній ($r = 0,03$). Варто зауважити, що зростання показники ККД ФАР позитивно вплинуло на врожайність зерна в усі роки досліджень, проте найвищий ступінь

Таблиця 2 – Урожайність зерна різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи залежно від природної вологозабезпеченості та теплоенергетичних показників

Вологозабезпеченість років	Група стиглості гібридів	Показники						
		\bar{x} , т/га	ΣT , °C	T_u	E_B , ГДж/га	Q , ГДж/га	Q_{ϕ} , ГДж/га	η_{ϕ} , %
Вологі	ранньостиглі	10,3	2318,1	226,4	330,1	22245	11345	2,91
	середньостиглі	11,5	2697,4	234,9	370,4	26889	13714	2,72
	пізньостиглі	12,6	2914,7	232,6	403,9	29630	15112	2,68
Середньовологі	ранньостиглі	7,7	2292,5	302,6	248,9	24590	12541	2,08
	середньостиглі	9,1	2586,6	291,6	293,6	27541	14045	2,19
	пізньостиглі	10,6	2956,9	285,2	342,9	31847	16242	2,20
Середні	ранньостиглі	7,4	2156,3	293,9	239,7	21897	11168	2,15
	середньостиглі	8,0	2509,4	317,2	256,2	25115	12809	2,00
	пізньостиглі	8,1	2839,5	351,8	261,1	29141	14862	1,76
Середньосухі	ранньостиглі	7,4	2092,0	296,2	237,0	21222	10824	2,21
	середньостиглі	8,7	2416,1	293,8	280,4	24506	12498	2,27
	пізньостиглі	10,1	2706,9	281,4	324,1	27169	13857	2,37
Сухі	ранньостиглі	5,9	2124,9	378,2	190,9	22732	11593	1,65
	середньостиглі	7,0	2474,3	368,2	225,4	25785	13150	1,73
	пізньостиглі	7,0	2759,5	441,0	226,9	28554	14563	1,58
У середньому за роки досліджень	ранньостиглі	7,5	2181,7	304,1	243,1	22469	11459	2,15
	середньостиглі	8,7	2518,0	305,1	279,2	25808	13162	2,15
	пізньостиглі	9,5	2821,6	321,6	306,5	29104	14843	2,10

Таблиця 3 – Результати статистичного аналізу мінливості та взаємозв'язків теплоенергетичних факторів з урожайністю кукурудзи на зерно

Вологозабезпеченість року	Коефіцієнти	Показники				
		\bar{x} , т/га	ΣT , °C	T_u	Q_{ϕ} , ГДж/га	η_{ϕ} , %
Вологі	Варіації, V , %	9,2	11,4	5,1	13,5	6,5
	Кореляції, r	–	0,90	0,23	0,91	0,49
	Детермінації, R^2	–	0,81	0,05	0,82	0,24
Середньовологі	Варіації, V , %	10,4	12,4	18,6	19,7	31,6
	Кореляції, r	–	0,31	-0,80	-0,17	0,77
	Детермінації, R^2	–	0,10	0,64	0,03	0,59
Середні	Варіації, V , %	9,2	12,3	12,4	12,6	12,8
	Кореляції, r	–	0,36	-0,41	0,34	0,40
	Детермінації, R^2	–	0,13	0,17	0,11	0,16
Середньосухі	Варіації, V , %	25,8	11,7	23,2	11,5	26,2
	Кореляції, r	–	0,41	-0,89	0,16	0,90
	Детермінації, R^2	–	0,17	0,78	0,03	0,81
Сухі	Варіації, V , %	26,6	12,1	33,5	11,2	26,7
	Кореляції, r	–	0,20	-0,86	0,03	0,92
	Детермінації, R^2	–	0,04	0,73	0,00	0,85

зв'язків спостережено в середньосухі ($r = 0,90$) та сухі ($r = 0,92$) роки, коли дія цього фактора зумовлювала продуктивність рослин на 81,0 та 85,0 % відповідно.

Кореляційно-регресійне моделювання показників урожайності зерна кукурудзи залежно від суми температур повітря за вегетацію довело найкращу реакцію на покращення термічного режиму середньостиглих гібридів.

Навпаки, ранньостиглі гібриди потребують менших сум температур повітря та знижують приріст урожаю вже починаючи з показників 1500–1600 °C. Пізньостиглі гібриди кукурудзи вирізняються певною стабільністю наростання продуктивності за мірою збільшення сум температур, що пов'язано з тривалим періодом вегетації та зменшенням показників термічного режиму наприкінці літа та особливо восени в кінцеві фази розвитку рослин.

Від'ємну спрямованість зв'язків продуктивності рослин спостережено щодо фотосинтетично-активної радіації. Розрахунками аргументовано повільне зниження врожайності гібридів усіх груп стиглості за підвищення надходження ФАР, що пояснюється особливостями кліматичних умов південного Степу України, який характеризується високими ресурсами сонячної радіації та дефіцитом природної вологи.

Висновки. За результатами узагальнення багаторічних даних вставлено, що максимальна врожайність зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості формується у вологі роки, а найменша – у сухі, причому рослини найкраще використовують теплоенергетичний потенціал зони півдня України у вологі та середньовологі роки, що пояснюється найвищою інтенсивністю продукційних процесів. За результатами досліджень встановлено різні ступені мінливості метеорологічних та агрономічних показників. Використання статистичних методів дало змогу провести оцінку років досліджень

за індексом сприятливості агрометеорологічних умов і встановити регресійні рівняння продуктивності рослин. Статистичний аналіз урожайних даних різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи та теплоенергетичних показників дав змогу встановити різні за ступенем і спрямованістю зв'язки продуктивності рослин за диференціації умов природної вологозабезпеченості в роки досліджень. За допомогою створених кореляційно-регресійних залежностей можна проводити моделювання рівня врожаю різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи за фактичними показниками суми температур повітря та надходження фотосинтетично-активної радіації за вегетаційний період рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гойса Н.И., Олейник Р.Н., Рогаченко А.Д. Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1983. 230 с.
2. Яблоков А.В. Популяционная биология. Москва : Высшая школа, 1987. 303 с.
3. Писаренко В.А., Коковіхін С.В., Мішукова Л.С., Писаренко П.В. Методичні вказівки по застосуванню розрахункового методу визначення строків поливу сільськогосподарських культур за показниками середньодобового випаровування. Херсон : Колос, 2005. 16 с.
4. Григоров М.С. Водосберегающие технологии выращивания с.-г. культур. Волгоград : ВГСХА, 2001. 169 с.
5. Ничипорович А.А. Энергетическая эффективность и продуктивность фотосинтезирующих систем как интегральная проблема. *Физиология растений*. 1978. Т. 25. Вып. 5. С. 922–937.
6. Лисогоров К.С., Писаренко В.А. Наукові основи використання зрошуваних земель у степовому регіоні на засадах інтегрального управління природними і тех-

нологічними процесами. *Таврійський науковий вісник*. 2007. Вип. 49. С. 49–52.

7. Коковіхін С.В. Електронно-інформаційний довідник ЕІД «Agromet» : методичні рекомендації. Херсон : ІЗ НААН, 2009. 16 с.

8. Писаренко В.А., Мішукова Л.С., Коковіхін С.В., Присяжний Ю.І. Ефективність різних схем режимів зрошення в умовах Південного Степу України. *Зрошуване землеробство*. 2008. Вип. 50. С. 31–37.

9. Погода в Херсоні. Архів погоди на метеостанції. URL: https://rp5.ua/%D0%9F%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0_%D0%B2_%D0%A5%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B5 (дата звернення: 07.02.2020).

10. Ушкаренко В.О., Нікішенко В.Л., Голобородко С.П., Коковіхін С.В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві : навч. посіб. Херсон : Айлант, 2008. 272 с.

REFERENCES:

1. Hoysa, N.Y., Oleynyk, R.N., & Rohachenko, A.D. (1983). *Hydrometeorologicheskyy rezhym u produktyvnost oroshayemy kukuruzy [Hydrometeorological regime and productivity of irrigated corn]*. Leningrad: Hydrometeoyzdat [in Russian].

2. Yablokov, A.V. (1987). *Populyatsionnaya byolohyya [Population biology]*. Moscow: Higher School [in Russian].

3. Pysarenko, V.A., Kokovikhin, S.V., Mishukova, L.S., & Pysarenko P.V. (2005). *Metodychni vkazivky po zastosuvannu rozrakhunkovoho metodu vyznachennya strokiv polyvu silskohospodarskykh kultur za pokaznykamy serednodobovoho vyparovuvannya [Guidelines for the application of the calculation method for determining the timing of irrigation of crops on the average daily evaporation]*. Kherson: Kolos [in Ukrainian].

4. Hryhorov, M.S. (2001). *Vodosberehayushchye tekhnolohyy vyrashchivannya s.-h. kultur [Water-saving technologies for growing agricultural cultures]*. Volgograd: VGSHA [in Russian].

5. Nychporovych, A.A. (1978). Enerheticheskaya efektyvnost y produktyvnost fotosyntezyruyushchykh system kak yntehrlnaya problema [Energy efficiency and productivity of photosynthetic systems as an integral problem]. *Fiziologiya rasteniy – Plant physiology*, 25, 5, 922–937 [in Russian].

6. Lysohorov, K.S., & Pysarenko, V.A. (2007). Naukovi osnovy vykorystannya zroshuvanykh zemel u stepovomu rehioni na zasadakh intehrlnoho upravlinnya pryrodnyimi i tekhnolohichnyimi protsesami [Scientific bases of use of irrigated lands in the steppe region on the basis of integrated management of natural and technological processes]. *Tavriyskyi naukovyy visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, 49, 49–52 [in Ukrainian].

7. Kokovikhin, S.V. (2009) *Elektronno-informatsyyny dovidnyk EID “Agromet” : metodychni rekomendatsiyi [Electronic and Information Agent “Agromet” : methodical recommendations]*. Kherson: ІЗ НААН [in Ukrainian].

8. Pysarenko, V.A., Mishukova, L.S., Kokovikhin, S.V., & Prisyazhny Yu.I. (2008). Efektyvnist riznykh skhem rezhymiv zroshennya v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrayiny [Efficiency of different schemes of irrigation regimes in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*, 50, 31–37 [in Ukrainian].

9. Weather in Kherson. Weather archive at the weather station. URL: https://rp5.ua/%D0%9F%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0_%D0%B2_%D0%A5%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B5.

10. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2008). *Dyspersiyyny i korelyatsyyny analiz u zemlerobstvi ta roslynyystvi: navch. posib. [Analysis of variance and correlation in agriculture and crop production: a textbook]*. Kherson: Ailant [in Ukrainian].

Дробітько А.В., Коковіхін С.В., Біляєва І.М., Пілярска О.О. Напрями адаптації до кліматичних змін технологій вирощування кукурудзи на зрошуваних землях півдня України

Мета – науково обґрунтувати інтенсивні технології вирощування зерна кукурудзи на зрошуваних землях південного Степу України з врахуванням гідротермічних чинників і змін клімату. **Методи**. Вихідними матеріалами для моделювання й прогнозування були експериментальні дані польових дослідів із кукурудзою, проведених на дослідних ділянках Інституту зрошуваного землеробства НААН за період 1970–2018 рр. Агротехніка вирощування кукурудзи в досліді була загальновигодною для зони зрошення півдня України. Дослідження з цього напрямку проведено з використанням спеціальних методик із застосування інформаційних технологій у сільському господарстві. **Результати**. За результатами узагальнення багаторічних даних вставлено, що максимальна врожайність зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості формується у вологій роки, а найменша – у сухі, причому рослини найкраще використовують теплоенергетичний потенціал зони півдня України у вологій та середньовологій роки, що пояснюється найвищою інтенсивністю продукційних процесів. За допомогою одержаних рівнянь регресії можна проводити вибір найбільш оптимального гібридного складу для регіональних і локальних агрокліматичних умов південного Степу України. **Висновки**. Встановлено різні ступені мінливості метеорологічних та агрономічних показників. Статистичний аналіз урожайних даних різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи та теплоенергетичних показників дав змогу встановити різні за ступенем і спрямованістю зв'язки продуктивності рослин за диференціації умов природної вологозабезпеченості в роки досліджень. За допомогою створених кореляційно-регресійних залежностей можна проводити моделювання рівня врожаю різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи за фактичними показниками суми температур повітря та надходження фотосинтетично-активної радіації за вегетаційний період рослин.

Ключові слова: кукурудза, зрошення, зміни клімату, математична статистика, кореляція, регресія, фотосинтетично-активна радіація.

Drobitko A.V., Kokovikhin S.V., Bilyaeva I.M., Pilyarska O.O. Directions of adaptation to climate change technologies for growing corn on irrigated lands in the Southern Ukraine

Purpose. The aim is to scientifically substantiate the intensive technologies of growing corn grain on the irrigated lands of the Southern Steppe of Ukraine, taking into account hydrothermal factors and climate change. **Methods**. The starting materials for modeling and forecasting were experimental data of field experiments with corn in

the research areas of the Institute of Irrigated Agriculture NAAS for the period 1970–2018. Agricultural techniques for growing corn in experiments were generally accepted for the irrigation zone of southern Ukraine. Research in this area has been conducted using special techniques for the use of information technology in agriculture. **Results.** According to the results of generalization of long-term data it is inserted that the maximum grain yield of maize hybrids of different maturity groups is formed in wet years, and the lowest – in dry years, and plants make best use of heat potential of the Southern Ukraine in wet and medium wet years. Using the obtained regression equations, it is possible to select the most optimal hybrid composition for regional and local agroclimatic conditions of the Southern Steppe of Ukraine. **Conclusions.** Different degrees

of variability of meteorological and agronomic indicators have been established. Statistical analysis of yield data of different precocity hybrids of maize and thermal energy indicators allowed to establish different degrees and direction of the relationship between plant productivity in the differentiation of natural moisture conditions in the years of research. With the help of the created correlation-regression dependences it is possible to model the yield level of different precocity maize hybrids according to the actual indicators of the sum of air temperatures and the receipt of photosynthetically active radiation during the growing season of plants.

Key words: maize, irrigation, climate change, mathematical statistics, correlation, regression, photosynthetically active radiation.