

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП ФАО ЗА КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ

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

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0002-3895-5633

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

ЛАВРИНЕНКО Ю.О. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік

Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0001-9442-8793

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

МАРЧЕНКО Т.Ю. – доктор сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0001-6994-3443

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

БОЯРКІНА Л.В. – доктор сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-6605-8411

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

ШАРІЙ В.О. – аспірант

orcid.org/0000-0003-1652-3159

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

БІДНИНА І.О. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

orcid.org/0000-0001-8351-2519

Національна академія аграрних наук України

Постановка проблеми. Зміна клімату має значний вплив на умови землеробства, зокрема в умовах дефіциту вологи [3, 10–12]. У Південному Степу України зменшення кількості опадів та збільшення частоти посух [13–16] є основними факторами, що обмежують урожайність кукурудзи та інших сільськогосподарських культур. Однак, якщо вживати заходи з покращення зволоження ґрунту, урожайність кукурудзи можна значно підвищити. Для покращення зволоження ґрунту постійно удосконалюються такі технологічні заходи як види і способи зрошення та способи збереження вологи в ґрунті, тощо. Застосування таких технік може значно збільшити врожайність кукурудзи та інших культур [5, 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підвищення врожайності кукурудзи в умовах зміни клімату важливо застосовувати комплексний підхід, який включатиме в себе не лише використання новітніх технік зрошення та збереження вологи в ґрунті, використання нових гібридів кукурудзи з підвищеною посухостійкістю [1]. У південній підзоні Степу України є проблема з періодичними посухами та нерівномірним розподілом атмосферних опадів, що значно шкодить сільськогосподарському виробництву. В деяких роках кількість опадів становить менше 200 мм. Роки відрізняються за температурним режимом та кількістю та розподілом атмосферних опадів [3, 16, 17].

Призначення чергових вегетаційних поливів за вологістю ґрунту дійсно є дуже ефективним методом зрошення кукурудзи та інших сільськогосподарських культур. Цей метод полягає в тому, що перед кожним

поливом вимірюється вологість ґрунту на певній глибині [2]. Якщо вологість на заданій глибині становить менше оптимального рівня, тоді призначається черговий полив.

У зоні Південного Степу України найбільшим обмежуючим фактором для вирощування кукурудзи є вологозабезпеченість. Часті весняні посухи та літні засухи знижують рівень вологи в ґрунті, що може негативно впливати на формування високих врожаїв [14]. Тому в цьому регіоні досягнення стабільних високих врожаїв кукурудзи можливе лише за умови використання зрошення. Зрошення дозволяє забезпечити рослини необхідною кількістю вологи на різних стадіях розвитку, що сприяє формуванню високих врожаїв.

Для досягнення максимальної врожайності зерна, потрібне достатнє вологозабезпечення [15]. За умови відсутності опадів, зрошення або іншого джерела води, кукурудза може бути пошкоджена або взагалі не дати урожаю. В зоні Південного Степу України, де домінуючим фактором є наявність вологи у ґрунті, досягнення сталих високих врожаїв кукурудзи можливе лише за використання зрошення.

Для успішного вирощування кукурудзи, крім вибору відповідного гібриду, необхідно також враховувати інші фактори, такі як ґрунт, волога, добрива та захист від шкідників та хвороб. Волога є ключовим фактором для успішного вирощування кукурудзи, особливо на початкових стадіях росту. Застосування систем зрошення може бути корисним для забезпечення оптимальної вологості ґрунту [14, 16].

Виразений вплив на врожайність зерна має частота і глибина зрошення. Кукурудза виявляється відносно стійкою до дефіциту води під час окремих фаз вегетаційного періоду, наприклад – періоду дозрівання. Найбільше зниження врожайності зерна спричиняється дефіцитом води під час періоду цвітіння, головним чином через зменшення кількості зерен у качані. Цей ефект менш виражений, якщо в попередній вегетаційний період рослина відчувала дефіцит води. Сильний дефіцит води під час періоду цвітіння, може призвести до невеликого врожаю зерна або його повної відсутності через висихання. Дефіцит води в період формування врожаю може призвести до зниження врожаю через зменшення розміру зерна. Дефіцит води в період дозрівання мало впливає на врожайність зерна [17, 18].

Багатьма вченими вже було доведено ефективність використання вологи в моделюванні умовно-дійсної врожайності сільськогосподарських культур, використовуючи такі параметри, як: кількість продуктивної вологи та коефіцієнт водоспоживання [1, 2, 5, 6, 11, 13, 19], але, також слід враховувати, що перезволоження ґрунту чинить негативний вплив на ріст і розвиток рослин, особливо в періоди цвітіння і формування врожаю, що може знизити врожайність зерна на 50% і більше [15].

Культури з високою потребою у воді, такі як кукурудза, потребують особливої уваги та адаптації до температурних стресів, що супроводжуються з кліматичними змінами та підвищеним температурним режимом [11, 12, 18].

Одним зі способів покращення водної продуктивності є регулювання водного балансу рослин, що покращує здатність до збереження води та дозволяє вирощувати в умовах зниженого зволоження та збільшувати продуктивність.

Крім того, можна використовувати гібриди культур з підвищеною стійкістю до стресу, що дозволяє їм зберігати продуктивність та якість в умовах змін клімату. Такі гібриди можуть мати покращену здатність до збереження вологи та до більш ефективного використання води, що зменшує ризики виникнення засихання та підвищує врожайність [1, 2, 6].

Мета статті – дослідити вплив погодних умов та вологозабезпечення на тривалість міжфазних періодів та формування врожайності гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різної щільності ценозу.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконувалось на полях Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (ІКОСГ НААН), раніше Інститут зрошуваного землеробства НААН (ІЗЗ НААН) з 2019–2021 рр., розташованого на правому березі Дніпра, Дніпровського району м. Херсон в зоні Інгuleцької зрошувальної системи. Методи досліджень – польові, лабораторні, статистичні [7, 8]. Дослідження проводились в умовах зрошення із застосуванням різностиглих гібридів: Степовий (ФАО 190) – скоростиглий гібрид визріває за 90–97 діб, врожайність зерна в умовах зрошення становить 11,5–12,5 т/га та Тронка (ФАО 380) – середньостиглий гібрид визріває за 110–115 днів з урожайністю зерна в умовах зрошення 14,5–15,0 т/га при вологості 14%.

Для програмного встановлення водопотреби культур використовували розрахункові показники евапотранспірації (середньодобового випаровування) з використанням методу Пенмана–Монтейта. Цей метод враховує як фізіологічні параметри рослин, так і кліматичні особливості певної ґрунтово-кліматичної зони з використанням комп'ютерної програми Продовольчої та сільськогосподарської організації (ФАО) ООН [20] – CROPWAT 8.0 для Windows. Для розрахунків у програмі CROPWAT використано метеорологічні дані Херсонської агрометеорологічної станції, яка знаходиться поблизу дослідного поля Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (раніше Інститут зрошуваного землеробства НААН).

Сумарне водоспоживання – це комплексний показник, який відображає кількість води, що витрачається культурою на транспірацію й утворення біологічної маси рослин, а також на фізичне випаровування з ґрунту. Сумарне водоспоживання не є постійним показником, воно коливається в значних межах залежно від погодних умов вегетаційного періоду, вологозабезпеченості рослин, рівня агротехніки тощо [17, 18].

На основі метеорологічних та польових даних, були розраховані загальні витрати води за вегетаційний період, методом водного балансу за формулою (1) [18, 19]:

$$E = M + O + (W_h - W_k), \quad (1)$$

де: E – сумарне водоспоживання, $m^3/га$, M – норма зрошення, $m^3/га$, O – опади, $m^3/га$, W_h – вміст вологи в активному шарі ґрунту (початок вегетації), $m^3/га$, W_k – вміст вологи в активному шарі ґрунту (кінець вегетації), $m^3/га$.

Ефективність використання вологи, як показує досвід вітчизняних і зарубіжних дослідників, можна визначити на основі коефіцієнта водоспоживання, показника ефективності використання вологи – WUE (water use efficiency) [18, 19] і окупності поливної води приростом урожайності зерна на зрошенні. Усі ці параметри визначає величина сумарного водоспоживання, норма зрошення та врожайність сільськогосподарських культур. Так, коефіцієнт водоспоживання характеризує сумарну кількість спожитої вологи на формування одиниці врожаю, коефіцієнт ефективності зрошення характеризує витрату поливної води на одиницю збільшення врожаю від зрошення та показник ефективності використання вологи – кількість врожаю, яку продукує одиниця використаної вологи [8].

Ефективність використання вологи при кожній обробці була розрахована за наступною формулою (2), [18, 19] при показниках фактичної урожайності та загального водоспоживання (Рис. 1, 2):

$$WUE = \frac{E}{Y} \quad (1)$$

де: WUE – ефективність використання вологи, E – сумарне водоспоживання, $m^3/га$, Y – врожайність, $t/га$.

Продуктивну вологу визначають як запас вологи, яка доступна для рослин, в метровому шарі ґрунту на момент початку вегетації, що складається з вологи,

що залишилася після зими та відповідних опадів, які використовуються в період дощів та зрошення. Вона розглядається як продуктивна тільки в тому випадку, якщо її вистачить для задоволення потреб рослин впродовж вегетаційного періоду. Визначення вологозабезпеченості поля є важливим кроком для встановлення оптимального режиму зрошення, який дозволяє ефективно використовувати водні ресурси та забезпечувати максимальну врожайність рослин. Запаси продуктивної вологи обчислюють за формулою:

$$W = W_0 + 0,8 \cdot P + 0,8 \cdot K, \quad (3)$$

де W – кількість продуктивної вологи в ґрунті, $\text{м}^3/\text{га}$; W_0 – запаси продуктивної вологи в ґрунті навесні, $\text{м}^3/\text{га}$; P – кількість води у вигляді дощів за вегетаційний період, $\text{м}^3/\text{га}$; K – кількість води, що надходить при зрошенні, $\text{м}^3/\text{га}$; $0,8$ – коефіцієнт, який показує, що дощі та зрошувальну вологу застосовують у середньому на 80% від загальної кількості.

Рівень дійсно можливої врожайності за вологозабезпеченістю рослин [21,22] обчислюють за формулою:

$$Y_{\text{дм}} = W/k_{\text{в}} \quad (4)$$

де $Y_{\text{дм}}$ – дійсно можлива врожайність за вологозабезпеченістю, $\text{т}/\text{га}$;

W – кількість продуктивної вологи в ґрунті, $\text{м}^3/\text{га}$;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт водоспоживання, $\text{м}^3/\text{т}$.

Результати досліджень. Погодно-кліматичні умови суттєво впливають тривалість фаз росту та розвитку досліджуваних гібридів. Керуючись даними спостережень Херсонської агрометеостанції, яка розташована на відстані 1,0–1,5 км від досліджуваних ділянок з кукурудзою, погодні умови за вегетаційний період 2019–2021 рр. мали наступні відмінності, а саме – кількість атмосферних опадів, температура й відносна вологість (табл. 1).

В цілому середньомісячна температура за роками дослідження суттєво не відрізнялась, але при більш детальному розгляді, помісячно, динаміка була більш помітна, наприклад при найвищому показнику на початку вегетації у травні 2019 – $19,5$ °C та $16,3$ °C у 2021 році. Більш стабільні показники були у середині вегетації, коли середня температура за всі роки дослідження становила $21,7$ – $25,0$ °C, що є достатнім для вирощування гібридів.

Кількість опадів за вегетаційний період по рокам досить сильно коливалась, від $34,0$ $\text{м}^3/\text{га}$ у травні 2019 року до 997 $\text{м}^3/\text{га}$ у 2021 році, при цьому значення вологості повітря суттєво не відрізнялися, 70 та 69% , відповідно. Виходячи зі спостережень, 2020 рік був менше вологозабезпеченим в порівнянні з 2019 та 2021, але з кращим розподілом опадів, якщо порівнювати показники початку та кінця вегетації.

Таблиця 1

Метеорологічні умови вегетаційного періоду гібриду скоростиглого гібриду кукурудзи Степовий (ФАО190) за 2019–2021 рр.

Місяць	Середньомісячна температура, °C	Вологість, %	Опади, $\text{м}^3/\text{га}$	Рад*, МДж/мм/добу	ЕТо*, мм/добу
2019					
Травень	19,5	70,0	34,0	20,3	5,0
Червень	25,3	64,0	926,0	22,1	6,3
Липень	24,3	58,0	487,0	18,5	6,3
Серпень	23,2	58,0	221,0	17,5	3,8
Вересень	18,8	58,0	62,0	13,3	5,5
Середнє	22,2	61,6	–	18,3	5,4
Всього			1730,0		
2020					
Травень	14,6	64,0	293,0	4,3	29,3
Червень	22,0	64,0	451,0	6,2	45,1
Липень	25,6	55,0	590,0	6,2	59,0
Серпень	24,5	51,0	253,0	7,0	25,3
Вересень	21,5	57,0	26,0	6,0	25,0
Середнє	21,6	58,2	–	5,9	36,7
Всього			1613,0		
2021					
Травень	16,3	69,0	977,0	20,8	4,9
Червень	21,7	77,0	822,0	22,3	5,4
Липень	25,7	61,0	767,0	19,3	5,9
Серпень	25,0	61,0	75,0	16,1	5,8
Вересень	17,0	65,0	30,0	15,7	4,5
Середнє	21,2	66,6	–	18,8	5,3
Всього			2671,0		

Примітка: * – дані розраховані при застосуванні ПО CropWat 8.0

Таблиця 2

Тривалість фаз росту й розвитку гібридів кукурудзи за 2019–2021 рр., діб

Фази росту та розвитку	Степовий (ФАО 190)				Тронка (ФАО 380)			
	2019	2020	2021	Середні, за 2019–2021 рр.	2019	2020	2021	Середні за 2019–2021 рр.
Сходи – 7 листків	24	25	26	25	25	26	27	26
7–15 листків	22	22	23	22	22	22	23	22
15 листків – цвітіння	8	8	9	8	7	7	8	7
цвітіння – молочна стиглість	16	17	18	17	25	25	26	25
молочна стиглість – воскова стиглість	10	10	11	10	14	14	15	14
воскова стиглість – повна стиглість	37	37	38	37	46	46	47	46
Сходи–повна стиглість	117	119	125	123	139	140	146	142

Також, слід враховувати, що для гібриду середньостиглого гібриду Тронка (ФАО 380), кількість опадів становила: у 2019 р. – 1789 м³/га, 2020 – 1837 м³/га, 2021 р. – 2760 м³/га.

Результати фенологічних спостережень показали, що тривалість міжфазних періодів, а також в цілому вегетаційного періоду залежить не лише від групи стиглості досліджуваних гібридів кукурудзи, але й від погодних умов (табл. 2).

В цілому, при проведенні дослідження виявлено, що погодні умови мають прямо пропорційний вплив на тривалість фаз росту й розвитку гібридів кукурудзи, коли в цілому різниця тривалості фаз не перевищує одну добу, проте в сумі за весь час, тривалість фази від сходів до повної стиглості може відрізнятись на 7–8 діб, в залежності від групи стиглості гібриду.

У середньому, за досліджувані роки, тривалість фаз росту та розвитку в середньому становили:

– для скоростиглого гібриду Степовий (ФАО 190) – 123 доби;

– для гібриду Тронка (ФАО 380) – 142 доби.

При проведенні польового дослідження також виявлено, що вміст вологи в активному шарі ґрунту

на початок вегетації для обох досліджуваних гібридів становив: у 2019 році – 2853 м³/га, 2020 – 2913 м³/га, 2021 – 2883 м³/га. На кінець вегетації, даний показник для гібриду Степовий становив – 1847 м³/га, 1901 м³/га, 1897 м³/га, 1868 м³/га, та для гібриду Тронка – 1854 м³/га, 1893 м³/га, 1882 м³/га, 1884 м³/га.

Досліджувані фактори чинили вплив на продуктивність гібридів різних груп стиглості. У досліді вивчали п'ять варіантів густоти садіння. Найвищу врожайність гібриду Степовий (ФАО 190) одержали за густоти 100 тис шт./га – 10,09 т/га, 10,37 та 10,18 відповідно у 2019, 2020 та 2021 рр. Мінімальні показники зафіксовано у варіанті з густотою 70 тис шт./га, в середньому 9,21 т/га, а за роками досліджень відповідно 2019 р. – 9,3 т/га, 2020 – 9,12 та 2021 р. – 9,8 т/га. Збільшення густоти до 110 тис шт./га негативно впливало на урожайність у порівнянні з густотою 100 тис шт./га, але вищою ніж при 90 тис шт./га, та становила 2019 р. – 9,83 т/га, 2020 – 10,16 та 2021 р. – 9,95 т/га, у середньому – 9,98 т/га (табл. 3).

Для середньостиглого гібриду Тронка (ФАО 380) найвища врожайність була отримана при густоті 80 тис шт./га – 13,67, т/га, 14,21 та 13,85 відповідно

Таблиця 3

Урожайність досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості за 2019–2021 рр. залежно від густоти посіву, т/га

Гібрид (фактор А)	Густота, тис. шт./га (фактор В)	Роки досліджень			Середнє
		2019	2020	2021	
Степовий (ФАО 190)	70	9,23	9,12	9,28	9,21
	80	9,47	9,65	9,53	9,55
	90	9,48	10,13	9,67	9,76
	100	10,08	10,37	10,18	10,21
	110	9,83	10,16	9,95	9,98
Тронка (ФАО 380)	70	12,12	12,38	12,28	12,26
	80	13,67	14,21	13,85	13,91
	90	12,54	13,25	12,64	12,81
	100	12,07	12,48	12,23	12,26
	110	9,93	10,15	10,07	10,05
Оцінка істотності середніх (головних) ефектів					
HIP05, т/га			A = 0,07; B = 0,13		

у 2019, 2020 та 2021 рр. Дещо менші показники зафіксовано у варіанті з густотою 70 тис шт./га, в середньому 12,25 т/га, а за роками досліджень відповідно 2019 р. – 12,12 т/га, 2020 – 12,38 та 2021 р. – 12,28 т/га. Подальше загушення посівів по різному впливало на урожайність, наприклад при густоті 90 тис шт./га – середня врожайність становила 12,81 т/га, що є більшою ніж при 70 тис шт./га. При подальшому загущенні спостерігався спад, при 100 тис шт./га – середня врожайність становила 12,26 т/га, що рівноцінно густоті 70 тис шт./га. Найнижчий показник урожайності в середньому за трирічний період досліджень отримано при густоті 110 тис шт./га, 10,05 т/га, за роками досліджень відповідно 2019 р. – 9,93 т/га, 2020 – 10,15 та 2021 р. – 10,07 т/га.

Для гібриду Степовий сумарне водоспоживання у 2019 році становило – 5500 м³/га, 2020 – 5606 м³/га, 2021 – 6532 м³/га, а для гібриду Тронка – 6347, 6611, 7419 м³/га, відповідно.

Отже, за результатами розрахунків, ефективність використання вологи гібридами різних груп стиглості, в залежності від густоти (табл. 4), було встановлено, найвища врожайність обох гібридів в усі роки досліджень отримана при найнижчому рівні WUE, що також підтверджується попередніми дослідженнями [19].

Отже, маючи всі необхідні дані, показники продуктивної вологи для досліджуваних гібридів по

рокам становили – Степовий (FAO 190): 2019 р. – 4912,2 м³/га, 2020 р. – 5122,0 м³/га, 2021 р. – 5635,0 м³/га. Для гібриду Тронка (FAO 380): 4830,4 м³/га, 4980,8 м³/га та 5646,4 м³/га, відповідно.

На основі отриманих результатів розрахунку кількості продуктивної вологи в ґрунті та ефективності використання вологи за методикою розраховано умовно дійсну врожайність (табл. 5).

Порівнюючи фактичну і програмовану врожайність досліджуваних гібридів фіксуємо тенденцію відповідності їх врожайності як за варіантами густоти рослин, так і за роками досліджень. Проте, розрахована врожайність є меншою від фактичної, різниця між показниками скоростиглого гібриду Степовий (FAO 190) становила 1,0 – 1,1 т/га (10,7–11,4%) у 2019 р.; 0,8–0,9 т/га (8,6–8,7%) – у 2020 р. та 1,3–1,4 т/га (13,7–13,8%), для середньостиглого гібриду Тронка (FAO 380), відповідно: 2,4–3,0 т/га (23,9%) у 2019 і 2021 рр. та 2,5–3,5 т/га (24%). Це свідчить про те, що варто користуватись методикою програмування врожаю для визначення тенденції впливу факторів на продуктивність відповідного гібриду, проте точно спрогнозувати показник врожайності неможливо.

Висновки. За результатами дослідів встановлено, що погодні умови суттєво не впливали на тривалість фаз росту та розвитку досліджуваних гібри-

Таблиця 4

Показники ефективності використання вологи гібридами різних груп стиглості за 2019–2021 рр.

Густота рослин, тис шт./га (Фактор В)	Гібриди (Фактор А)					
	Степовий FAO 190			Тронка FAO 380		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
70	595,88	614,69	703,88	523,68	534,01	604,15
80	580,78	580,93	685,41	464,30	465,24	535,67
90	580,17	553,41	675,49	506,14	498,94	586,95
100	545,63	540,60	641,65	525,85	529,73	606,62
110	559,51	551,77	656,48	639,17	651,33	736,74

Таблиця 5

Умовно дійсна врожайність досліджуваних гібридів за 2019 – 2021 рр. з урахуванням вологозабезпечення

Гібрид (фактор А)	Густота, тис. шт./га (фактор В)	Роки досліджень			Середнє по рокам
		2019	2020	2021	
Степовий (FAO 190)	70	8,24	8,33	8,01	8,19
	80	8,46	8,82	8,22	8,50
	90	8,47	9,26	8,34	8,69
	100	9,00	9,47	8,78	9,08
	110	8,78	9,28	8,58	8,88
Тронка (FAO 380)	70	9,22	9,33	9,35	9,30
	80	10,40	10,71	10,54	10,55
	90	9,54	9,98	9,62	9,71
	100	9,19	9,40	9,31	9,30
	110	7,56	7,65	7,66	7,62
Оцінка істотності середніх (головних) ефектів					
HIP05, т/га		A = 0,05; B = 0,11			

дів, оскільки: у 2019 році за вегетаційний період середня температура становила 22,2 °С, опади – 173,5–178,9 мм та 61% вологості повітря тривалість фаз від сходів до повної стиглості складала 117 днів для гібриду Степовий (ФАО190), та 139 днів для гібриду Тронка (ФАО380), у 2020 році при середній температурі 21,6 °С, 161,5–186,5 мм опадів та 58% вологості повітря тривалість фаз від сходів до повної стиглості складала 119 днів для гібриду Степовий (ФАО190), та 140 днів для гібриду Тронка (ФАО380); у 2021 році при середній температурі 21,6 °С, 342,1–354 мм опадів та 66% вологості повітря тривалість фаз від сходів до повної стиглості складала 125 та 146 днів, відповідно.

В середньому різниця між потенційно можливою врожайністю та фактичною, за однакових умов, для ранньостиглого гібриду Степовий (ФАО 190) становила 11%, а для середньостиглого гібриду Тронка (ФАО380) – 24%, що вказує на застосування методики програмування врожаю для визначення тенденції впливу досліджуваних факторів на продуктивність рослин різностиглих гібридів кукурудзи Степовий (ФАО 190), та Тронка (ФАО 380), а не точного визначення їх врожайності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вожегова Р. А., Дробіт О. С., Шибанін В. С., Дробітько А. В. Вирощування гібридів кукурудзи інтенсивного типу в умовах змін клімату за зрошення. *Передаїрне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. 67(2). 29–43. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2020-\(67\)-2-2](https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-2)
2. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Сучкова В. М., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О. Вплив елементів технології на врожайність насіння ліній – батьківських компонентів гібридів кукурудзи в умовах краплинного зрошення. *Вісник аграрної науки*. 2022. 8. 67–74. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202208-08>
3. Географія врожаїв: кліматичні зони України – що потрібно знати агроному. URL : <https://agravery.com/uk/posts/show/geografia-vrozaivklimaticni-zoni-ukraini-so-treba-znati-agronomu> (дата звернення: 18.02.2023).
4. Дем'янюк О. С. Зміни клімату – глобальна екологічна і продовольча проблема людства. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 4. С. 6–13.
5. Зміна клімату в Україні та світі: причини, наслідки та рішення для протидії. 02 листопада 2020 р. URL : https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html?gclid=Cj0KCQjwz6ShBhCMARIsAH9A0qW1q4LShFhi1i0w2kKCTQ1pXv4RP0Y94D9-nA5aN0oUslYn7ngi3NlaAo9dEALw_wcB (дата звернення: 18.02.2023).
6. Іванюта С. П., Коломієць О. О., Малиновська О. А., Якушенко Л. М. *Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації*. Київ : НІСД, 2020. 110 с.
7. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. *Методика польового дослідження (зрошуване землеробство)* : навч. посіб. для студентів ВНЗ. Херсон : Грін Д. С., 2014. 445 с.
8. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Малярчук М. П. *Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях*. Херсон : Грін Д. С., 2014. 285 с.
9. Русіна М., Наддолінна А., Жовнір М. Зміни клімату і стратегія вирощування кукурудзи., *Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. виклики для аграрної науки та освіти»* 15 листопада 2022 року. Київ, 2022. 139–140.
10. Стратічук Н. Вплив змін клімату на сталий розвиток сільського господарства. *Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення : матеріали III міжнар. наук.–практ. конф. (м. Херсон, 11–12 червня 2020 р.)*. Херсон, 2020. 223–226.
11. Удова Л. О., Прокопенко К. О., Дідковська Л. І. Вплив зміни клімату на розвиток аграрного виробництва. *Економіка і прогнозування*. 2014. 3. 107–120.
12. Як впливає зміна клімату на ведення сільського господарства в Україні. ФАО, *Kurkul.com, 2018 р.* URL : <https://uga.ua/meanings/yak-vplivaye-zmina-klimatu-na-vedennyasilskogo-gospodarstva-v-ukraini> (дата звернення: 18.02.2023).
13. Velásquez A. C., Castroverde C. D., He S. Y. Plant-pathogen warfare under changing climate conditions. *Curr. Biol.* 2018. 28(10). 619–634.
14. Vozhehova R., Marchenko T., Piliarska O., Lavrynenko Y., Halchenko N., Lykhovyd P. Grain corn product yield and gross value depending on the hybrids and application of biopreparations in the irrigated conditions. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2021. I. 21(4). 611–619.
15. Zahra Amiri, Mahdi Gheysari, Mohammad Reza, Mosaddeghi Samia, Amiri Mahsa, Sadat Tabatabaei. An attempt to find a suitable place for soil moisture sensor in a drip irrigation system. *Information Processing in Agriculture*. 2021. Handle: RePEc:eee:agiwat:v:25:y:2021:i:c:s037837742100264x DOI: 10.1016/j.agwat.2021.106999
16. Xue J., Guan H., Huo Z., Wang F., Huang G., Boll J. Water saving practices enhance regional efficiency of water consumption and water productivity in an arid agricultural area with shallow groundwater. *Agricultural Water Management*. 2017. Vol. 194. p. 78–89. doi: 10.1016/j.agwat.2017.09.003
17. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage*. 1998. Vol. 300(9). p. 56, D05109. Rome. FAO.
18. Molden D., Oweis T., Steduto P., Bindraban P., Hanjra M. A., Kijne J. Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural water management*. 2010. 97(4), 528–535.
19. Vozhehova R., Lavrynenko Y., Marchenko T., Piliarska O., Sharii V., Tyshchenko A., Drobot O., Mishchenko S., Grabovskyi M. Water consumption and efficiency of irrigation of maize hybrids of different FAO groups in the southern steppe of Ukraine. *Scientific papers-series A-Agronomy*. 2022. 65. 603–612.
20. CropWat. Land & Water. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. URL: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en> (дата звернення: 07.02.2023).
21. Лисогоров С. Д. Програмування врожаїв при зрошенні. Київ: Вища школа, 1987. 86 с.
22. Собко О. О. Програмування врожаїв – в основу прогресивних технологій. Київ : Урожай, 1984. 152 с.

REFERENCES:

- Vozhehova, R.A., Drobit, O.S., Shebanin, V.S., & Drobitko, A.V. (2020). Vyroshchuvannya hibrydiv kukurudzy intensyvnoho typu v umovakh zmin klimatu za zroshennya [Cultivation of intensive type corn hybrids under conditions of climate change due to irrigation]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynytstvo – Foothill and mountain agriculture and animal husbandry*, 67(2), 29–43 [in Ukrainian].
- Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Yu.O., Suchkova, V.M., Marchenko, T.Yu., Pilyarska, O.O. (2022). Vplyv elementiv tekhnolohiyi na vrozhaynist nasinnya liniy — batkivskykh komponentiv hibrydiv kukurudzy v umovakh kraplynnoho zroshennya [The influence of technology elements on the seed yield of lines – parental components of corn hybrids under drip irrigation conditions]. *Visnyk ahraryoi nauky – Bulletin of agricultural science*, 2022, 8, 67–74 [in Ukrainian].
- Heohrafiya vrozhayiv: klimatychni zony Ukrayiny – shcho potribno znaty ahronomu [Geography of crops: climatic zones of Ukraine – what an agronomist needs to know]. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/geografia-vrozaiv-klimatichni-zoni-ukraini-so-treba-znati-ahronomu> [in Ukrainian].
- Demyanyuk, O.S. (2016). Zminy klimatu – hlobalna ekolohichna i prodovolcha problema lyudstva [Climate change is a global ecological and food problem of mankind. Balanced nature management]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya – Balanced nature management*, 4, 6–13 [in Ukrainian].
- Zmina klimatu v Ukrayini ta sviti: prychny, naslidky ta rishennya dlya protydyi. 02 lystopada 2020 r. [Climate change in Ukraine and the world: causes, consequences and solutions for countermeasures. November 02 2020. URL: https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-ua-ta-svit.html?gclid=Cj0KCQ-jwz6ShBhCMARIsAH9A0qW1q4LSHFh1i0w2k-KCTQ1pXv4RP0Y94D9-nA5aNOoUsIYn7ngi3NIaAo-9dEALw_wcB] [in Ukrainian].
- Ivanyuta, S.P., Kolomiyets, O.O., Malynovska, O.A. & Yakushenko, L.M. (2020). *Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsiyi* [Climate change: consequences and adaptation measures]. Kyiv : NISD [in Ukrainian].
- Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P. & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo) : navch. posib. dlya studentiv VNZ [Methodology of field research (irrigated agriculture): academic. manual for university students]*. Kherson : Hrin D. S., 445 [in Ukrainian].
- Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Yu.O., & Malyarchuk, M.P., et al. (2014). *Metodyka polovykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemlyakh* [Methodology of field and laboratory research on irrigated lands]. Kherson : Hrin D.S. [in Ukrainian].
- Rusina, M., Naddolinna, A. & Zhovnir, M. (2022). Zminy klimatu i stratehiya vyroshchuvannya kukurudzy. [Climate changes and the strategy of growing corn]. *Zbirnyk materialiv V Mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi «Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. vyklyky dlya ahraryoi nauky ta osvity»* 15 lystopada 2022 roku. Kyiv, 139–140 [in Ukrainian].
- Stratichuk, N. (2020). Vplyv zmin klimatu na stalyy rozvytok sil'skoho hospodarstva [The impact of climate change on the sustainable development of agriculture]. *Vplyv klimatychnykh zmin na prostorovyy rozvytok terytoriy Zemli: naslidky ta shlyakhy vyrishennya – The influence of climatic changes on the spatial development of the Earth's territories: consequences and solutions: materialy III mizhnar. nauk.–prakt. konf. (m. Kherson, 11–12 chervnya 2020 r.)*. Kherson, 223–226 [in Ukrainian].
- Udova, L.O., Prokopenko, K.O. & Didkovska, L.I. (2014). Vplyv zminy klimatu na rozvytok ahraryoi vyrobnytstva [Impact of climate change on the development of agricultural production]. *Ekonomika i prohnozuvannya – Economics and forecasting*, 3, 107–120 [in Ukrainian].
- Yak vplyvaye zmina klimatu na vedennya silskoho hospodarstva v Ukrayini. [How climate change affects agriculture in Ukraine]. *FAO, Kurkul.com, 2018*. URL: <https://uga.ua/meanings/yak-vplyvaye-zmina-klimatu-na-vedennyasilskogo-gospodarstva-v-ukrayini> [in Ukrainian].
- Velásquez, A.C., Castroverde, C.D., & He, S.Y. (2018). Plant–pathogen warfare under changing climate conditions. *Curr. Biol.* 28(10). 619–634
- Vozhehova, R., Marchenko, T., Piliarska, O., Lavrynenko, Y., Halchenko, N., & Lykhovyd, P. (2021). Grain corn product yield and gross value depending on the hybrids and application of biopreparations in the irrigated conditions. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 21(4). 611–619
- Zahra Amiri, Mahdi Gheysari, Mohammad Reza, Mosaddeghi Samia, Amiri Mahsa, Sadat Tabatabaei (2021). An attempt to find a suitable place for soil moisture sensor in a drip irrigation system. *Information Processing in Agriculture*. Handle: [RePEc:eee:agiwat:v:255:y:2021:i:c:s037837742100264x](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106999) DOI: 10.1016/j.agwat.2021.106999
- Xue, J., Guan, H., Huo, Z., Wang, F., Huang, G., & Boll, J. (2017). Water saving practices enhance regional efficiency of water consumption and water productivity in an arid agricultural area with shallow groundwater. *Agricultural Water Management*. 194. 78–89. doi: 10.1016/j.agwat.2017.09.003
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage*. 300(9). 56, D05109. Rome. FAO
- Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M. A., & Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural water management*, 97(4), 528–535
- Vozhehova, R., Lavrynenko, Y., Marchenko, T., Piliarska, O., Sharii, V., Tyshchenko, A., Drobit, O., Mishchenko, S., & Grabovskyi, M. (2022). Water consumption and efficiency of irrigation of maize hybrids of different FAO groups in the southern steppe of Ukraine. *Scientific papers–series A–Agronomy*, 65, 603–612
- CropWat. Land & Water. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. URL: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en>
- Lysogorov, S.D. (1987). *Prohramuvannya vrozhayiv pry zroshenni* [Yield programming for irrigation]. Kyiv: Vishcha shkola, 86 [in Ukrainian].
- Sobko, O.O. (1984). *Prohramuvannya vrozhayiv – v osnovu prohresyvnykh tekhnolohiy* [Programming crops – the basis of progressive technologies]. Kyiv: Urozhay, 152 [in Ukrainian].

Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю., Бояркіна Л.В., Шарій В.О., Біднина І.О. Порівняльний аналіз формування врожайності гібридів кукурудзи різних груп ФАО за краплинного зрошення

Мета статті – дослідити вплив погодних умов та вологозабезпечення на тривалість міжфазних періодів та формування врожайності гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різної щільності ценозу. Методи досліджень – польовий, лабораторний, статистичний. Дослідження проводились в умовах зрошення з гібридами кукурудзи Степовий (ФАО 190) та Тронка (ФАО 380). Для визначення водопотреби культур використовували метеорологічні дані Херсонської агрометеорологічної станції, яка знаходиться поблизу дослідного поля Інституту зрошувального землеробства НААН, за якими розраховували показники евапотранспірації з використанням комп'ютерної програми ФАО ООН – CROPWAT 8.0 для Windows (метод Пенмана–Монтейта). Результати досліджень. Встановлено, що вміст вологи в активному шарі ґрунту на початок вегетації для обох досліджуваних гібридів становив: у 2019 році – 2853 м³/га, 2020 – 2913 м³/га, 2021 – 2883 м³/га. На кінець вегетації, даний показник для гібриду Степовий становив – 1847 м³/га, 1901 м³/га, 1897 м³/га, 1868 м³/га, та для гібриду Тронка – 1854 м³/га, 1893 м³/га, 1882 м³/га, 1884 м³/га. Для гібриду Степовий сумарне водоспоживання у 2019 році становило – 5500 м³/га, 2020 – 5606 м³/га, 2021 – 6532 м³/га, а для гібриду Тронка – 6347, 6611, 7419 м³/га, відповідно. Розрахована врожайність є меншою від фактичної, різниця між показниками скоростиглого гібриду Степовий (ФАО 190) становила 1,0–1,1 т/га (10,7–11,4%) у 2019 р.; 0,8–0,9 т/га (8,6–8,7%) – у 2020 р. та 1,3–1,4 т/га (13,7–13,8%), для середньостиглого гібриду Тронка (ФАО 380), відповідно: 2,4–3,0 т/га (23,9%) у 2019 і 2021 рр. та 2,5–3,5 т/га (24%). Висновки. За результатами дослідження встановлено, що погодні умови суттєво не впливали на тривалість фаз росту та розвитку досліджуваних гібридів. В середньому різниця між потенційно можливою врожайністю та фактичною, за однакових умов, для ранньостиглого гібриду Степовий (ФАО 190) становила 11%, а для середньостиглого гібриду Тронка (ФАО380) – 24%, що вказує на застосування методики програмування врожаю для визначення тенденції впливу досліджуваних факторів на продуктивність рослин різностиглих гібридів кукурудзи Степовий (ФАО 190), та Тронка (ФАО 380), а не точного визначення їх врожайності.

Ключові слова: різностиглі гібриди кукурудзи, вологозабезпечення, краплинне зрошення, програмування врожаю, продуктивність гібридів.

Vozhehova R.A., Lavrynenko Yu.O., Marchenko T.Yu., Boiarkina L.V., Sharii V.O., Bidnyna I.O. Comparative analysis of yield formation of corn hybrids of different FAO groups under drip irrigation.

The purpose of the article – to study the influence of weather conditions and moisture supply on the duration of interphase periods and the formation of yield of corn hybrids of different FAO groups at different cenosis densities. **Research methods** – field, laboratory, statistical. Research was carried out under irrigation conditions with Stepovyi (FAO 190) and Tronka (FAO 380) corn hybrids. To determine the water demand of crops, we used meteorological data of the Kherson Agrometeorological Station, which is located near the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture of the NAAS, based on which evapotranspiration indicators were calculated using the computer program of the UN FAO – CROPWAT 8.0 for Windows (Penman-Monteith method). **Research results.** It was established that the moisture content in the active soil layer at the beginning of the growing season for both studied hybrids was: in 2019 – 2853 m³/ha, in 2020 – 2913 m³/ha, in 2021 – 2883 m³/ha. At the end of the growing season, this indicator for the Stepovyi hybrid was 1847 m³/ha, 1901 m³/ha, 1897 m³/ha, 1868 m³/ha, and for the Tronka hybrid – 1854 m³/ha, 1893 m³/ha, 1882 m³/ha, 1884 m³/ha. For the Stepovyi hybrid, the total water consumption in 2019 was 5500 m³/ha, 2020 – 5606 m³/ha, 2021 – 6532 m³/ha, and for the Tronka hybrid – 6347, 6611, 7419 m³/ha, respectively. The calculated yield is lower than the actual yield, the difference between the indicators of the precocious Stepovyi hybrid (FAO 190) was 1.0–1.1 t/ha (10.7–11.4%) in 2019; 0.8–0.9 t/ha (8.6–8.7%) – in 2020 and 1.3 – 1.4 t/ha (13.7–13.8%) for the mid-season hybrid Tronka (FAO 380), respectively: 2.4–3.0 t/ha (23.9%) in 2019 and 2021 and 2.5–3.5 t/ha (24%). **Conclusions.** According to the results of the experiment, it was established that weather conditions did not significantly affect the duration of the phases of growth and development of the studied hybrids. On average, the difference between the potential yield and the actual yield, under the same conditions, for the early-ripening hybrid Stepovyi (FAO 190) was 11%, and for the medium-ripening hybrid Tronka (FAO380) – 24%, which indicates the application of the harvest programming method to determine the tendency of the influence of the studied factors on the productivity of plants of different maturity hybrids of corn Stepovyi (FAO 190) and Tronka (FAO 380), and not an exact determination of their yield.

Key words: different maturity hybrids of corn, moisture supply, drip irrigation, crop programming, hybrid productivity.