

УДК 519.2:72:631.5:581.4(477:72)

ВПЛИВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ ЧИННИКІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

В.С. СНИГОВИЙ

Національна академія аграрних наук України

Ю.О. ЛАВРИНЕНКО, С.В. КОКОВІХІН, П.В. ПИСАРЕНКО,
І.В. МИХАЛЕНКО

Інститут землеробства південного регіону НААН

Наведено результати досліджень з оцінки впливу гідротермічних факторів та показників ФАР на продуктивність гібридів кукурудзи різних груп ФАО.

Ключові слова: теплоенергетичні чинники, кукурудза, продуктивність

Постановка питання. Згідно з теоретичними дослідженнями межі продуктивності рослин визначаються кількістю сонячної енергії, яку вони акумулюють. Відомо, що кількість сонячної радіації, що надходить на Землю, змінити неможливо, проте кількість використаної рослинами енергії можна регулювати в широких межах. Це досягається шляхом коригування світлового, водного, поживного та повітряного режимів

© В.С. Сніговий, Ю.О. Лавриненко, С.В. Коковихін,
П.В. Писаренко, І.В. Михаленко, 2010

Меліорація і водне господарство. 2010. Вип. 98

агроценозів, а також впливом на інтенсивність продукційних процесів за допомогою комплексу технологічних, агрометеорологічних, агрохімічних та інших чинників [1, 2].

Урахування показників продукційного процесу сільськогосподарських культур має велике значення в напрямках підвищення ефективності землеробської галузі та 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, їхнього впливу на врожайність, якісні та інші показники. Експериментами доведено, врожайність формується завдяки надходженню сонячної енергії. У загальному сенсі всі агротехнічні заходи (зрошення, внесення добрив, обробіток ґрунту тощо) повинні бути направлені на те, щоб максимально сприяти рослинам краще використовувати сонячну енергію та продукувати найвищу кількість органічної речовини. Одним з головних завдань рослинницької галузі є підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) використання сонячної енергії $\eta_{\text{ф}}$, який відображає відношення кількості енергії, що акумулювалось у продуктах фотосинтезу або утворилася у біомасі врожаю, до кількості використаної радіації. Згідно з дослідженням А.А. Ничипоровича максимальний теоретично можливий ККД ФАР на засвоєння однієї молекули CO_2 в процесі фотосинтезу потребує в межах 8–10 квант сонячного світла [3].

В існуючому сільськогосподарському виробництві для формування врожаю використовується тільки 0,7–2,0% ФАР. При цьому коефіцієнт використання ФАР у звичайних виробничих умовах становить: пшениці озимої – 0,74–1,12% , кукурудзи на зерно – 0,69–1,63, кукурудзи на зелений корм – 1,23–1,47, цукрових буряків – 1,34–1,84% відповідно. Середнє значення

коефіцієнта використання ФАР становить: у звичайних виробничих умовах – 0,5–1,5%, у сприятливих – 1,0–3,0%, за максимальної оптимізації умов вирощування – 3,5–5,0% і в теоретично можливих – 6,0–8,0%. Отже, коефіцієнт використання ФАР рослинами є інтегральним показником впливу всіх інших факторів на продуктивність культури, тому що будь-яке підвищення врожаю веде до збільшення його використання [4].

Оцінка енергетичного балансу дає змогу встановити кількісні та якісні зміни порівняно з минулими періодами та рівнями; розкрити шляхом аналізу причини динаміки і фактори, що зумовили відмінності в рівнях врожайності між зонами, районами, групами господарств; оцінити ефективність різних чинників на продуктивність рослин; з'ясувати невикористані резерви підвищення врожайності тощо.

Метою досліджень було встановлення впливу теплоенергетичних показників (температурного режиму, сумарної та фотосинтетично активної сонячної радіація й коефіцієнта корисної дії ФАР) на продуктивність різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи при диференціації природної вологозабезпеченості в умовах зрошення півдня України.

Методика досліджень. Дослідження з цього напрямку проведено з використанням методик, висвітлених у працях [5, 6].

Температурний індекс T_p , який відображає відношення суми температур за період вегетації культури до одержаного рівня врожаю, встановлювали за методикою І.М. Ільїнської, 2001 р. [7].

Для виявлення статистичних зв'язків використано результати польових дослідів, які закладали згідно із загальноприйнятими методиками [14], з різними за скоростиглістю гібридами кукурудзи вітчизняної селекції. З метою запобігання впливу на результати статистичної оцінки обмежувальних факторів технології вирощування кукурудзи на зерно для оцінки взято врожайність за оптимальних режимів зрошення та фонів мінерального живлення.

Роки досліджень за дефіцитом випаровуваності були: 1994 – середній; 1995 – середньосухий; 1996 – сухий; 1997 – вологий; 1998 – середній; 1999 – середньосухий; 2000 – середньоволо-

гий; 2001 – середньосухий; 2002 – сухий; 2003 – середньовологий; 2004 – вологий; 2005 – середньовологий; 2006 – середньосухий; 2007 – сухий; 2008 р. – середній.

Результати досліджень. Згідно з проведеним групуванням показників сум температур повітря та надходження фотосинтетично активної радіації за період вегетації різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи (рис. 1) встановлено, що вони мають взаємопов'язані тенденції практично в усі роки, крім сухих (2002, 2007). Навпаки, у вологі роки (1997, 2004) простежується закономірність щодо зростання продуктивності рослин кукурудзи при збільшенні теплоенергетичних показників.

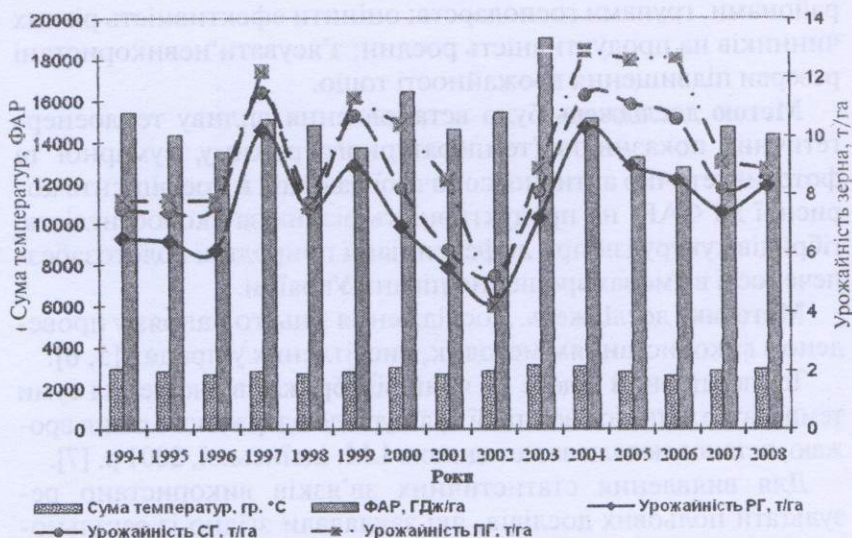


Рис. 1. Динаміка суми температур, показників фотосинтетично активної радіації й урожайності ранніх (РГ), середніх (СГ) та пізніх (ПГ) гібридів кукурудзи

Результати наших досліджень дали змогу виявити істотну амплітуду в коливаннях рівня врожайності зерна кукурудзи по окремих роках, зростання її у середньовологі та вологі роки і суттєве зниження у середньосухі та сухі. Причому найменші

коливання урожайності відмічено у середньостиглих гібридів, а найвищі – в ранніх.

Розрахунки показників температурного індексу та коефіцієнта корисної дії ФАР виявили їхню залежність від вологозабезпеченості року та продуктивності рослин.

Найвищі витрати теплових ресурсів на тону зерна кукурудзи ($T_i=677,8$) були у сухому 2002 р. у 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 відносною вологістю повітря) під час наливу зерна гібридів пізньостиглої групи. Найоптимальніше використовували термічні ресурси ($T_i=201,6$) та прихід фотосинтетичний активної радіації ($\eta_\phi=3,20\%$) пізньостиглі гібриди у середньосухому 2006 р.

Зведення одержаних п'ятнадцятирічних результатів польових дослідів по блоках років за природною вологозабезпеченістю та групами стиглості дало можливість виявити різницю в динаміці врожайних даних зерна кукурудзи в напрямку її стійкого зростання від сухих років до вологих (таблиця).

Урожайність зерна різних за швидкістю стиглості гібридів кукурудзи залежно від природної вологозабезпеченості та теплоенергетичних показників

Вологозабезпеченість років	Група стиглості гібридів	Показники*						
		\bar{x} , т/га	ΣT , °C	T_i	E_v , ГДж/га	Q , ГДж/га	Q_ϕ , ГДж/га	η_ϕ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
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

Закінчення таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Середньо-вологі	Ранньо-стигли	7,7	2292,5	302,6	248,9	24590	12541	2,08
	Середньо-стигли	9,1	2586,6	291,6	293,6	27541	14045	2,19
	Пізньо-стигли	10,6	2956,9	285,2	342,9	31847	16242	2,20
Середні	Ранньо-стигли	7,4	2156,3	293,9	239,7	21897	11168	2,15
	Середньо-стигли	8,0	2509,4	317,2	256,2	25115	12809	2,00
	Пізньо-стигли	8,1	2839,5	351,8	261,1	29141	14862	1,76
Середньо-сухі	Ранньо-стигли	7,4	2092,0	296,2	237,0	21222	10824	2,21
	Середньо-стигли	8,7	2416,1	293,8	280,4	24506	12498	2,27
	Пізньо-стигли	10,1	2706,9	281,4	324,1	27169	13857	2,37
Сухі	Ранньо-стигли	5,9	2124,9	378,2	190,9	22732	11593	1,65
	Середньо-стигли	7,0	2474,3	368,2	225,4	25785	13150	1,73
	Пізньо-стигли	7,0	2759,5	441,0	226,9	28554	14563	1,58
У середньому за 1994–2008 рр.	Ранньо-стигли	7,5	2181,7	304,1	243,1	22469	11459	2,15
	Середньо-стигли	8,7	2518,0	305,1	279,2	25808	13162	2,15
	Пізньо-стигли	9,5	2821,6	321,6	306,5	29104	14843	2,10

* \bar{x} – врожайність зерна кукурудзи при 14% вологості, т/га; ΣT – сума температур повітря за період вегетації, °С; T_1 – температурний індекс; E_B – загальна валова енергія, отримана з урожаєм основної та побічної продукції, ГДж/га; Q – сумарна сонячна радіація, що надійшла за вегетаційний період, ГДж/га; Q_ϕ – фотосинтетично активна радіація, що надійшла за вегетацію кукурудзи, ГДж/га; η_ϕ – коефіцієнт корисної дії ФАР, %.

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 і при оцінці показників температурного індексу та коефіцієнта корисної дії ФАР. Так у вологі роки T_i коливався в межах 226,4–234,9, а в сухі роки збільшився на 36,2–47,3%. Протилежну ситуацію відмічено щодо ефективності використання сонячної радіації, оскільки у вологі роки η_{ϕ} становив 2,68–2,91%, а в сухі роки зменшився до 1,58–1,73%, або в 1,6–1,8 раза. Отже, рослини кукурудзи найкраще використовують теплоенергетичний потенціал зони півдня України у вологі роки, що пояснюється найвищою інтенсивністю продукційних процесів та формуванням максимальної урожайності зерна.

Установлено, 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 відмічено зростання T_i на 5,1–5,4% та зниження η_{ϕ} на 2,4% відповідно.

Варіаційний аналіз урожайних даних свідчить про їхню стабільність у вологі, середні та середньовологі роки, оскільки коефіцієнт варіації коливається в межах 9,2–10,4%. Проте у 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 ($V=6,5\%$), середній

рівень ($V = 12,8\%$) – у середні, а в інші – вирізнявся високим ступенем мінливості ($V = 26,2\text{--}31,6\%$).

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 лімітуючою дією температури повітря за умов високої вологозабезпеченості. В інші за дефіцитом випаровування роки спостерігається зниження ступеня зв'язків у 2,2–4,5 рази. Відносно температурного індексу, то так само, як і у вологі роки, відмічено позитивний вплив на врожайність підвищеної температури повітря, проте в інші роки зафіксовано середній та сильний від'ємний кореляційні зв'язки. Найгірше підвищення суми температури повітря впливало на продуктивність рослин кукурудзи у сухі ($r = -0,86$, $R^2 = 0,73$) та середньосухі ($r = -0,89$, $R^2 = 0,78$) роки, що пояснюється дефіцитом природної вологозабезпеченості, низькою відносною вологістю повітря, суховіями та, як наслідок, зниженням рівня врожаю.

Схожі залежності щодо продуктивності кукурудзи встановлено й відносно показника фотосинтетично активної радіації, оскільки лише у вологі роки зафіксовано високий ступінь зв'язку ($r = 0,91$) при 81%-му рівні впливу формування врожаю зерна досліджуваної культури. В інші роки спостерігається слабкий додатний та від'ємний зв'язки між цими показниками при коефіцієнтах кореляції від $-0,17$ до $0,34$, а у сухі роки – зв'язок практично відсутній ($r = 0,03$). Слід зауважити, що зростання показників ККД ФАР позитивно вплинуло на врожайність зерна в усі роки досліджень, проте найвищий ступінь зв'язків відмічено у середньосухі ($r = 0,90$) та сухі ($r = 0,92$) роки, коли дія цього фактора зумовлювала продуктивність рослин на 81,0 і 85,0% відповідно.

Кореляційно-регресійне моделювання показників урожайності зерна кукурудзи залежно від суми температур повітря за вегетацію довело найкращу реакцію на поліпшення термічного режиму середньостиглих гібридів (рис. 2).

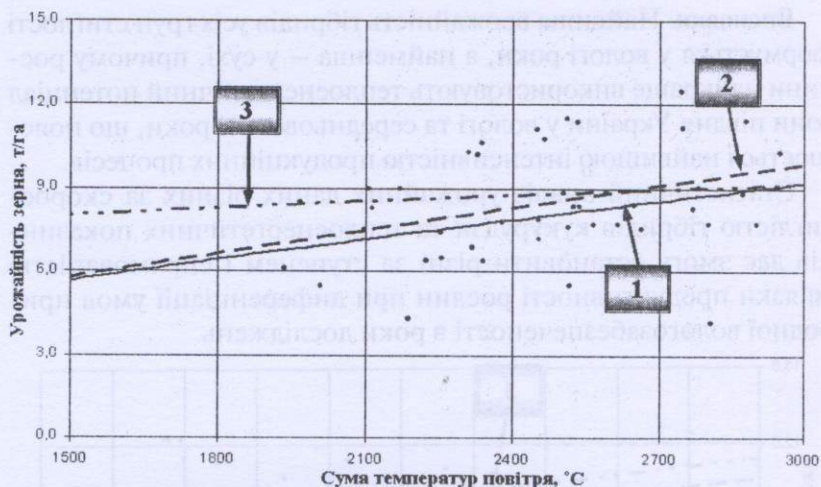


Рис. 2. Кореляційно-регресійна залежність між сумою температур за період вегетації та врожайністю зерна гібридів кукурудзи:

1 – ранньостиглі ($y = 0,0336x^{0,7013}$); 2 – середньостиглі ($y = 0,0125x^{0,8327}$); 3 – пізньостиглі ($y = 2,0233x^{0,1895}$)

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, а особливо восени, в кінцеві фази розвитку рослин.

Від'ємну спрямованість зв'язків продуктивності рослин відмічено відносно фотосинтетично активної радіації (рис. 3).

Розрахунками аргументовано повільне зниження врожайності гібридів усіх груп стиглості при підвищенні надходження ФАР, що пояснюється особливостями кліматичних умов Південного Степу України, який характеризується високими ресурсами сонячної інсоляції та дефіцитом природної вологи.

Висновки. Найвища врожайність гібридів усіх 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.

Статистичний аналіз урожайних даних різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи та теплоенергетичних показників дає змогу встановити різні за ступенем і спрямованістю зв'язки продуктивності рослин при диференціації умов природної вологозабезпеченості в роки досліджень.

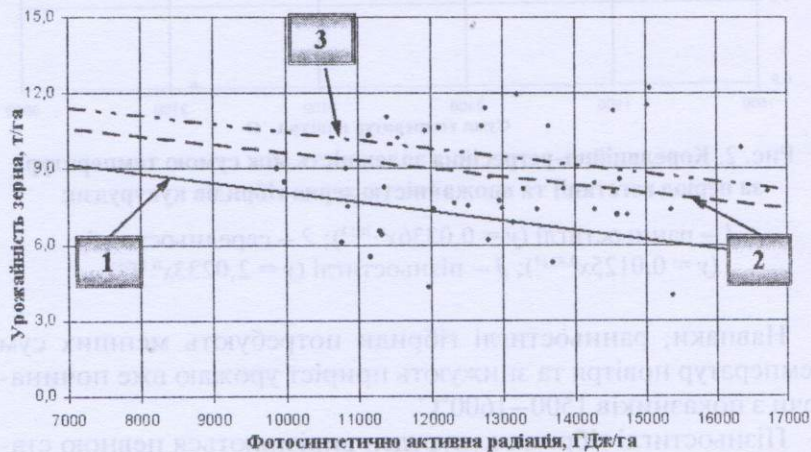


Рис. 3. Статистична модель між показниками фотосинтетично активної радіації та врожайністю зерна гібридів кукурудзи:

1 – ранньостиглі ($y = -0,0004x + 11,809$); 2 – середньостиглі ($y = -0,0003x + 12,906$); 3 – пізньостиглі ($y = -0,0003x + 14,441$)

За допомогою створених кореляційно-регресійних залежностей можна здійснювати програмування рівня врожаю різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи за фактичними показниками суми температур повітря та надходження фотосинтетично активної радіації протягом вегетаційного періоду рослин.

1. Гойса Н.И., Олейник Р.Н., Рогаченко А.Д. Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы. — Л.: Гидрометеориздат, 1983. — 230 с.

2. Тимирязев К.А. Жизнь растений: избр. соч. в 4-х т. / К.А. Тимирязев. — М.: Гос. изд-во с.-х. лит., 1949. — С. 644.

3. Ничипорович А.А. Основы фотосинтетической продуктивности растений // Современные проблемы фотосинтеза. — М.: МГУ, 1973. — С. 5–28.

4. Шатилов И.С. Принципы программирования урожайности полевых культур // Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / под ред. С.Г. Бондаренко. — Кишинев: МСХ МССР, 1976. — С. 16–25.

5. Гойса Н.И., Перелет Н.А. Методические указания для расчета фотосинтетически активной радиации. — К.: ИГиМ, 1976. — 26 с.

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

7. Ильинская И.Н. Нормирование водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе. — Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001. — 163 с., ил., табл.

Приведены результаты исследований по оценке влияния гидротермических факторов и показателей ФАР на продуктивность гибридов кукурузы разных групп ФАО.

The article presents results of researches for influencing estimations of hydrothermal factors and PhAR indexes on productivity of the corn hybrids of different groups FAO.

зультати польових досліджень, які застосовувалися з метою прийнятих методиками [14]. З'ясувалося, що продуктивність кукурузи на орошуваних ділянках залежала від різних факторів, зокрема, від вологості ґрунту, температури повітря та фонових мінеральних живлень. Для оцінки впливу на результати досліджень різних факторів було взято до уваги середній, 1995 – середньосухий; 1996 – сухий; 1997 – вельми-сухий; 1998 – середній; 1999 – середньо-увітряний; 2000 – середньо-увітряний.