УДК 631.542.559.3:631.527.5.8:632.11: 633.15

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ, ГУСТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН ТА ПОГОДНИХ УМОВ

Каленська С.М. *– д.с-г.н., професор, член-кореспондент*
Національної академії аграрних наук України; завідувач кафедри рослинництва,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Таран В.Г. *– аспірант,*
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Данилів П.О. *– магістр,*
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Встановлена реакція восьми гібридів кукурудзи на ущільнення посіву та норми мінеральних добрив за змінних погодних умов. Розраховані коефіцієнти суттєвості відхилень суми опадів та середніх добових температур, які характеризують умови розвитку рослин кукурудзи. Урожайність упродовж 2015–2017 років змінювалася від 5,08 до 13,4 т/га. Впродовж років проведення досліджень в умовах Правобережного Лісостепу України забезпечення вологою було основним обмежуючим чинником урожайності.

Ключові слова: *кукурудза, гібриди, урожайність, норма добрив, густота стояння рослин, сума опадів, середня добова температура, Правобережний Лісостеп України.*

Каленская С.М., Таран В.Г., Данылив П.О. Особенности формирования урожайности гибридов в зависимости от удобрения, густоты стояния растений и погодних условий

Установлена реакция восьми гибридов кукурузы на уплотнение посевов и нормы минеральных удобрений при меняющихся погодных условиях. Рассчитаны коэффициенты существенности отклонения суммы осадков и средних суточных температур, которые характеризуют условия развития растений кукурузы. Урожайность в 2015–2017 годах изменялась от 5,08 до 13,4 т/га.

Обеспечение влагой – основной лимитирующий фактор формирования урожайности в условиях Правобережной Лесостепи Украины.

Ключевые слова: *кукуруза, гибриды, урожайность, норма удобрений, густота стояния растений, Правобережная Лесостепь Украины.*

Kalenska S.M., Taran V.G., Danyliv P.O. Features of yield formation in corn hybrids depending on fertilization, plant density and weather conditions

The study has determined the reaction of eight corn hybrids to higher plant density and mineral fertilizer rates under changing weather conditions. The coefficients of the significance of precipitation deviations and average daily temperatures, which characterize the conditions for the development of corn plants, are calculated. The yield changed from 5.08 to 13.4 t/ha in 2015–2017. The provision of moisture is the main limiting factor of yield under the conditions of the Right Bank Forest-steppe of Ukraine.

Key words: *corn, hybrids, yield, fertilizer rate, plant density, rainfall, average daily temperature, Right Bank Forest-steppe of Ukraine.*

Постановка проблеми. Зміна погодних умов у світі та в регіонах України зумовлює необхідність вирощування адаптивних сортів, гібридів сільськогосподарських культур за одночасного вирощування за технологіями, які дають змогу максимально реалізувати їх генетичний потенціал.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Селекціонери постійно працюють над удосконаленням «структури» рослини кукурудзи, акцентуючи свою увагу на компонентах, які зумовлюють формування продуктивності та протистояння стресовим чинникам – розмірів і кута нахилу листків, архітектоніки кореневої системи тощо [1; 2; 3; 4; 5]. Генотипи кукурудзи різняться за своєю реакцією на

весь діапазон можливих температур за не завжди зрозумілими ознаками [; 7; 8]. У зв'язку з цим останнім часом надається значна увага формуванню стійких до стресових умов рослин за рахунок формування ефективної кореневої системи [9].

Управління формуванням стійких до стресів агроценозів кукурудзи за рахунок технологічних чинників сприяє підвищенню реалізації генетичного потенціалу [10–13]. Аналізування погодних умов дає змогу ефективно використовувати природні ресурси [14–16].

Постановка завдання. Основною метою досліджень було встановлення особливостей формування урожайності гібридів кукурудзи різної регіональної селекції, реакції гібридів на густоту посіву – густота стояння рослин в агроценозі кукурудзи; ефективності норм добрив та морфологічних змін рослини як реакції на досліджувані чинники.

Виклад основного матеріалу дослідження. В умовах Правобережного Лісостепу України впродовж 2015–2017 років закладалися і були проведені багатофакторні польові досліди. Польові досліди закладалися на чорноземах типових (с. Зікрачі Кагарлицькому районі Київської області) відповідно до методичних вимог [17].

Для досягнення поставленої мети закладався багатофакторний польовий дослід, в якому *фактор А* – гібрид: Дніпровський 257 СВ, Сігма, Ragt Олександра, Гарант, Кубус, Москіто, Сенсор, КВС 381; *фактор В* – норма висіву: 60 і 90 тис. штук схожих насінин на гектар; *фактор С* – норма добрив: $N_{60}\ P_{45}K_{45}$; $N90\ P_{60}K_{60}$; $N_{120}P_{105}\ K_{105}$; $N_{150}\ P_{135}K_{135}$. Кукурудзу висівали в період 30 квітня–4 травня.

Територія проведення досліджень у зоні Лісостепу у цілому відноситься до району з помірно континентальним кліматом та достатньою кількістю опадів (ГТК – 1-2), проте їх розподіл впродовж року та за окремими роками дуже нерівномірний. У середньому за рік випадає 560 мм із коливаннями у розрізі років від 270 до 730 мм. Середня температура повітря за рік складає 6,8–7,6ºС.

З метою аналізу впливу погодних чинників на процес формування урожайності кукурудзи нами визначалися коефіцієнти суттєвості відхилень суми опадів та середніх добових температур від багаторічних даних (формула 1). Визначення коефіцієнтів суттєвості відхилення дає змогу класифікувати місяці та роки щодо сприятливості умов для розвитку рослин. Коефіцієнт суттєвості відхилень показників агрометеорологічного режиму поточного року від середніх багаторічних розрахували за формулою (1):

$$Kc = \frac{(Xi - \bar{X})}{\sigma}, \qquad (1)$$

де K_c – коефіцієнт суттєвості відхилень;

X_i – показники поточної погоди;

$\bar{X}$ – середня багаторічна величина;

σ – середнє квадратичне відхилення.

Рівень коефіцієнтів суттєвості відхилень визначали за градацією:

K_c =0–1 – умови, близькі до звичайних;

K_c =1–2–умови, що сильно відрізняються від середніх багаторічних;

K_c > 2 – умови, наближені до рідкісних.

В умовах Правобережного Лісостепу України урожайність гібридів змінювалась як за впливу технологічних чинників, так і залежно від забезпечення вологою та середніх добових температур. Морфологія рослин гібридів також суттєво зумовлює урожайність за змінних умов вирощування.

Погодні умови років проведення досліджень суттєво різнилися як між собою, так і порівняно з багаторічними даними параметрів, які були розраховані за

даними Миронівської метеорологічної станції – найближчої до місця проведення польових дослідів (табл. 1, табл. 2). У Правобережному Лісостепу чинник «волога» в 2015–2017 роках був критично обмежуючим чинником реалізації потенціалу гібридів. У всі роки проведення досліджень сумарна кількість опадів у період активної вегетації була нижчою порівняно з багаторічними даними. І якщо в 2016 році сума опадів наближалася до багаторічних даних, то в 2015 та 2017 роках опадів випало значно менше, що негативно вплинуло на формування продуктивності рослин.

У 2015 році за достатнього випадання опадів у передпосівний період – у березні випало 181% від багаторічних даних, у подальшому опади були практично відсутні: в квітні опадів випало 53,3%; травні – 47,7%; червні – 13%; липні – 56,8%; серпні – 16,5% від багаторічної суми опадів, характерної для цих місяців. Умови забезпечення вологою в поєднанні з високими температурами суттєво лімітували ріст і розвиток рослин, закладку генеративних органів.

У 2016 році сума опадів була близькою до типових умов, проте в липні, серпні та особливо у вересні випало мало опадів, що зумовило зниження урожайності. 2017 рік характеризувався як рік із низьким забезпеченням вологою в передпосівний період та на ранніх мікростадіях розвитку (березень – червень). Винятками стали лише липень та жовтень, коли випало на 14 мм та на 47 мм відповідно більше опадів порівняно з багаторічними даними. У серпні та вересні знову відчувався значний дефіцит вологи. Таким чином, умови 2017 року за рівнем забезпечення вологою впродовж вегетації були вкрай несприятливими для росту та розвитку кукурудзи, формування врожайності зерна.

Таблиця 1

Сума опадів, мм та коефіцієнти суттєвості відхилень

Рік	Місяць												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сума
2015	33,3	21,1	60	24	21	10	50	10	44	27	46	18,8	365,2
2016	71	42,8	36	55	91	68	19	37	2,2	75	44	30,8	571,8
2017	31,7	33,6	12	43	23	22	102	20	13	74	52	115	541,3
БР[1]			33	45	44	77	88	61	41	27	39		455
Коефіцієнт суттєвості відхилень опадів													
2015	-0,1	-0,7	1,1	-1,3	-0,6	-2,2	-0,9	-3,7	0,1	0	1,7	-0,5	
2016	1,6	1,3	0,1	0,9	1,4	-0,2	-1,6	-1,8	-1,8	1,7	1,2	-0,2	
2017	-0,1	0,1	-0,9	-0,2	-0,6	-1,4	0,3	-3	-1,3	1,7	3,1	1,4	

Примітка: [1] – багаторічні дані
Джерело: Миронівська метеорологічна станція

Впродовж усіх років проведення досліджень середньодобові температури повітря були суттєво вищими порівняно з багаторічними середньодобовими температурами повітря цього регіону як у середньому за три роки, так і в розрізі окремих місяців за роками проведення досліджень (табл. 2). Лише в жовтні 2015 та 2016 років та в листопаді 2016 року температура була дещо нижчою порівняно з багаторічними даними. Розрахунки коефіцієнтів суттєвості відхилень середніх добових температур та їх аналіз дало змогу встановити, що з 36 місяців (2015–2017рр.) лише температурні умови 9 місяців (25%) відносяться до категорії

«умови, близькі до звичайних». Водночас 7 місяців (19%) відносяться до категорії «умови, що сильно відрізняються від звичайних», а 20 місяців (56%) – до категорії «умови, наближені до рідкісних». Таким чином, впродовж 27 місяців, або 75% всіх проаналізованих місяців, температурний режим суттєво відрізнявся від багаторічних показників середніх добових температур. Середні добові температури значно перевищували типові умови і переважно це відбувалося в період активної вегетації рослин.

Таблиця 2

Середньодобова температура повітря , °С та коефіцієнти суттєвості відхилень

Рік	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Середньодобова температура повітря, °С												
2015	- 0,9	- 1,0	4,7	9,3	16,3	19,4	21,5	21,5	18,2	7,1	4,7	1,8
2016	- 5,8	2,5	4,2	12,4	15,2	20,1	22,2	21,1	15,7	6,7	1,4	-1,8
2017	- 5,3	- 2,2	6,0	10,4	15,4	20,6	20,9	22,4	17,0	8,6	3,5	2,1
2015–2017	- 4,0	- 0,2	4,9	10,7	15,6	20,0	21,5	21,7	17,0	7,5	3,2	0,7
Багаторічні	- 5,6	-4,5	0,4	8,6	15	18	19,4	18,7	14,2	7,9	2,0	- 2,5
Коефіцієнт суттєвості відхилень температур												
2015	1,8	1,2	4,8	0,4	2,2	2,3	3,5	4,0	3,2	-0,8	1,6	1,9
2016	-0,1	2,6	4,2	2,4	0,3	3,5	4,7	4,0	1,2	-1,2	-0,3	0,3
2017	4,0	2,7	6,2	1,1	0,7	4,3	2,5	5,3	2,6	0,7	0,9	2,1

Джерело: Миронівська метеорологічна станція

Гібриди різняться щодо реакції на ущільнення посіву – кількість рослин на площі перед збиранням – 60 або 90 тисяч рослин на одному гектарі та норми мінеральних добрив шляхом формування кореневої системи певної морфології. Урожайність восьми гібридів кукурудзи впродовж 2015–2017 років змінювалася від 5,08 до 13,4 т/га.

За суттєвого перевищення середньої добової температури та нестачі вологи в 2015 та 2017 роках створилися умови, за яких фіксувалися умови, близькі до критичної межі, необхідні для росту та розвитку рослин. В окремі періоди, зокрема у фазі цвітіння в 2015 році, максимальні температури повітря перевищували 40°С, що негативно позначилося на запиленні та заплідненні: на окремих рослинах взагалі не сформувався качан, а інколи відзначалася значна пустозерність. У зв'язку з цим у 2015 році врожайність гібридів коливалася від 5,08 до 10, 5 т/га, а в 2017 році – 5,24–9,56 т/га.

За сприятливих погодних умов у 2016 році гібриди реалізували свій потенціал на високому рівні – 6,61–13,4 т/га. За посушливих умов урожайність змінювалась від 5,08 до 10,5 т/га в 2015 році; від 5,24 до 9,56 в 2017 році.

Всі гібриди формували вищу урожайність за 90 тисяч рослин на гектарі в межах однієї норми добрив.

За реакцією на норму добрив гібриди можна поділити на декілька груп щодо реакції на зростаючі норми добрив. За 60 тисяч рослин на гектарі рослини гібридів

Ragt Олександра, Кубус, Москіта, Сенсор, КВС 391 позитивно реагують на зростання норм добрив до N_{150} P_{135} K_{135}. Гібриди Дніпровський 257, Сігма, Гарант збільшують урожайність лише до норми N_{120} P_{105} K_{105}, подальше підвищення норми добрив призводить до зниження урожайності. За 90 тисяч рослин на гектарі лише гібриди Москіто, Сенсор, КВС 381 ефективно використовують високі норми добрив, а інші гібриди за такої щільності рослин знижують урожайність. Проведені нами дослідження дали змогу встановити, що за високих норм добрив у рослин формується коренева система, яка розміщена у верхніх горизонтах [3]. За умов недостатнього забезпечення вологою, рослина нездатна ефективно використовувати мінеральні форми елементів живлення за такої морфології кореневої системи.

Таблиця 3

Урожайність гібридів кукурудзи залежно від норм добрив та густоти стояння рослин в умовах Правобережного Лісостепу України

Гібрид Чинник А	Норма добрив, кг/га д.р., чинник В							
	N_{60} P_{45} K_{45}		N_{90} P_{60} K_{60}		N_{120} P_{105} K_{105}		N_{150} P_{135} K_{135}	
	Густота рослин, тис. штук /га, чинник С							
	60	90	60	90	60	90	60	90
2015 рік								
Дніпровський 257	5,08	6,34	6,03	6,88	6,56	7,95	7,04	7,80
Сігма	5,66	7,88	5,98	8,12	6,10	7,90	7,29	7,65
Ragt Олександра	5,10	6,85	5,28	7,12	6,06	7,54	7,56	8,05
Гарант	5,12	6,54	5,66	6,96	5,96	8,12	6,82	8,44
Кубус	5,34	6,65	5,98	7,06	6,21	7,84	7,22	8,86
Москіто	5,32	5,86	5,98	7,14	6,06	7,89	7,12	8,64
Сенсор	6,12	8,16	7,02	9,45	8,14	10,5	8,98	10,9
КВС 381	5,48	8,01	6,21	8,24	6,98	8,82	7,14	9,16
2016 рік								
Дніпровський 257	7,14	9,52	7,35	9,57	8,72	9,30	7,86	9,44
Сігма	7,09	10,7	7,49	9,83	8,03	9,61	7,88	9,32
Ragt Олександра	6,73	9,29	6,97	10,7	8,09	9,97	11,5	10,6
Гарант	6,66	8,99	8,01	10,7	9,09	11,0	9,06	11,3
Кубус	6,72	9,50	6,91	10,6	7,92	11,6	9,29	9,41
Москіто	6,62	7,46	6,94	9,15	9,15	9,60	9,34	10,5
Сенсор	7,68	10,1	8,28	12,6	9,13	13,4	9,60	13,9
КВС 381	6,61	10,3	7,79	11,0	8,59	11,4	9,03	12,2
2017 рік								
Дніпровський 257	5,28	6,45	5,86	7,04	6,12	7,74	7,23	7,46
Сігма	5,86	7,99	5,99	8,24	6,24	8,46	7,44	8,45
Ragt Олександра	5,24	6,92	5,67	7,23	6,28	7,68	7,44	8,01
Гарант	5,24	6,66	6,04	7,04	6,24	7,92	7,06	8,65
Кубус	5,45	6,84	6,06	7,22	6,24	7,94	7,16	8,40
Москіто	5,39	5,89	6,04	7,34	6,54	8,12	7,22	8,65

Сенсор	6,32	7,28	7,24	8,86	7,88	9,56	8,04	9,88
КВС 381	5,66	8,16	6,34	8,42	7,02	8,84	7,34	9,19
2015–2017 рр.								
Дніпровський 257	5,83	7,44	6,41	7,83	7,13	8,33	7,38	8,23
Сігма	6,20	8,86	6,49	8,73	6,79	8,66	7,54	8.47
Ragt Олександра	5,69	7,69	5,97	8,35	6,81	8,40	8,83	8,89
Гарант	5,67	7.40	6,57	8,23	7,10	9,01	7,65	9,46
Кубус	5,83	7,66	6,32	8,29	6,79	9,13	7,89	8,76
Москіто	5,78	6,40	6,32	7,88	7,25	8,54	7,89	9,26
Сенсор	6,70	8,51	7,51	10,3	8,38	11,2	8,87	11,6
КВС 381	5,92	8,82	6,78	9,22	7,53	9,69	7,84	10,2
НІР, т/га	*для всіх середніх – 0, 38*							

Нами встановлена специфічна реакція гібридів на погодні умови та технологічні чинники щодо здатності формувати врожайність. Найвищий рівень адаптивності проявив сорт Сенсор, формуючи впродовж 2015–2017 років найвищий рівень урожайності – 6,12–13,4 т/га за рівних умов з іншими гібридами.

Реакція гібридів на норми добрив була специфічно зумовленою і залежала від архітектоніки кореневої системи Нами встановлено, що за внесення високих норм добрив у передпосівний обробіток ґрунту коренева система формується переважно у верхньому горизонті ґрунту, що є досить ризикованим з точки зору забезпечення вже не елементами живлення, а вологою. У зв'язку з цим у 2015 та 2017 роках, коли був зафіксований значний дефіцит вологи, більшість гібридів не змогли сформувати урожайність, яка була зафіксована для них у 2016 році. Винятком став гібрид Сенсор, який за цих умов сформував високу врожайність.

Висновки і перспективи. Високопродуктивні гібриди здатні формувати більший рівень урожайності за ущільнення посівів за рахунок збільшення норми висіву насіння до 90 тис. рослин/га, збільшення виживання рослин впродовж вегетації.

Розраховані коефіцієнти суттєвості відхилень суми опадів та середніх добових температур, які характеризують умови розвитку рослин кукурудзи, свідчать про значний діапазон суми опадів та середніх добових температур порівняно з багаторічними даними. Впродовж проведення досліджень комбіноване поєднання посухи з високими температурами зумовлювали зниження урожайності гібридів кукурудзи, яка змінювалася від 5,08 до 13,4 т/га. Впродовж років проведення досліджень в умовах Правобережного Лісостепу України забезпечення вологою було основним обмежуючим чинником урожайності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ribaut J.M., Betrán F.J., Monneveux P., Setter T. 2009. Drought tolerance in maize. P. 311–344 / Hakeand S.C., Bennetzen J.L. (ed.) Handbook of maize: its biology. Springer, Netherlands.

2. Cakir R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Res. 89: 1–16.

3. Каленська С.М., Таран В.Г., Данилів П. Розвиток кореневої системи кукурудзи на ранніх етапах розвитку. Науковий вісник НУБІП України. 2017. Вип. 269, серія: Агрономія. С.10–17

4. Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, R.K. Pachauri and A. Reisinger (ed.). IPCC, Geneva, Switzerland. 2007

5. Boote K.J., Sinclair T.R. Crop Physiology: Significant Discoveries and Our Changing Perspective on Research. Crop Sci. 2006.Vol.46. P. 2270–2277.

6. Heffner E.L., Lorenz A.J., Jannink J.L., Sorrells M.E. Plant breeding with genomic selection: Gain per unit time and cost. Crop Sci. 2010.Vol.50. P. 1681–1690. IPCC.

7. Collins N.C., Tardieu F., Tuberosa R. Quantitative trait loci and crop performance under abiotic stress: where do we stand? Plant Physiol. 2008.Vol.147. P. 469–486.

8. Sajid Ali, Subhan Uddin, Osaid Ullah, Shahen Shah, Serajud-Din, Taj Ali.Yield and Yield components of Maize Response Tocompost and Fertilizer-Nitrogen. Food Science and Quality Management. 2015. Vol. 38. P. 39–44.

9. Maria E Otegui, Raymond Bonhomme. Grain yield components in maize: I. Ear growth and kernel set. Field Crops Research. V. 56. Issue 3. 1998. P. 247–256.

10. Каленська С.М., Єременко О.А., Таран В.Г., Крестьянінов Є.В., Риженко А.С. Адаптивність польових культур за змінних умов вирощування. Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2017. Вип. 25. С. 48–57.

11. Князюк О.В. Агроекологічне обґрунтування підвищення продуктивності різностиглих гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин, міжрядь, строків та глибини сівби. Вісник Білоцерківського державного аграрного університету: Агробіологічні основи землеробства. 2005. № 32. С. 66–74.

12. Мокрієнко В.А., Усатий Г.Ю. Особливості засвоєння поживних речовин гібридами кукурудзи. Землеробство. 2006. С. 12–20.

13. Дементьєва О.І. Реакція гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від якості поливної води. Агроекологічний журнал. 2015. № 3. С. 127–132.

14. Полевой А.Н., Адаменко Т.И. Моделирование формирования урожая кукурузы. Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2002. Вип. 46. С. 149–154.

15. Адаменко Т.І. Численні експерименти з оцінки впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність посівів кукурудзи. Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2004. Вип. 48. С. 213–218.

16. Адаменко Т.І. Використання моделі продуктивності для оцінки умов вирощування та прогнозування середньообласного урожаю кукурудзи. Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Географія. 2004. Вип. 7. С. 160–165.

17. Ермантраут Е.Р., Гопцій Т.І., Каленська С.М. та ін. Методика селекційного експерименту (у рослинництві). Харків. 2014. 229 с.