

# Мінливість складових елементів продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості за умов зрошення

Т. Ю. Марченко<sup>1\*</sup>, Р. А. Вожегова<sup>1</sup>, Ю. О. Лавриненко<sup>1</sup>, Т. М. Хоменко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут зрошуваного землеробства НААН України, сел. Наддніпрянське, м. Херсон, 73483, Україна,  
\*e-mail: [tmarchenko74@ukr.net](mailto:tmarchenko74@ukr.net)

<sup>2</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, вул. Генерала Родимцева, 15, м. Київ, 03041, Україна

**Мета.** Визначити кореляційні залежності складових елементів продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості з урожайністю зерна за умов зрошення в Південному Степу України. **Методи.** Польовий, лабораторний, математично-статистичний. **Результати.** У статті наведено результати досліджень з визначення кореляційних залежностей між біометричними ознаками качана гібридів кукурудзи з метою оцінки продуктивності рослин. За ознакою «кількість зернових рядів» виділились гібриди пізньостиглої групи –  $\bar{X} = 17,7$  шт., статистично близькими до цього були середньопізні форми –  $\bar{X} = 16,8$  шт. Найбільшу кількість зерен у ряді сформували гібриди середньопізньої групи (ФАО 400–490) – 48,8 шт. Найвищу масу зерна з качана встановлено в гібридів середньопізньої групи – 312,5 г. Показано, що кількість зернових рядів має істотні кореляційні залежності з діаметром стрижня та качана. Кількість зернових рядів мала стабільну невисоку спрямовану дію на урожайність. Істотна кореляційна залежність зафіксована між кількістю зерен у ряді й такими ознаками, як довжина стрижня та довжина качана озернена. Зв'язок знаходився на високому рівні у всіх груп стиглості. Маса зерна з качана є основною складовою елементів структури врожаю кукурудзи. Найтісніша кореляція маси зерна з качана спостерігалась з ознаками: врожайність зерна, довжина стрижня, довжина качана озернена, діаметр качана, маса 1000 зерен, вихід зерна. **Висновки.** В умовах зрошення встановлено генотипову мінливість складових елементів продуктивності гібридів кукурудзи, що дозволяє прогнозувати проведення ефективних доборів за конкретними ознаками відповідно до груп стиглості. Встановлені кореляційні залежності між кількісними ознаками структури качана й урожайністю зерна дозволять проведення попередньої оцінки потенційної врожайності за факторіальними ознаками у гібридів кукурудзи з ФАО 180–600, що адаптовані до умов зрошення.

**Ключові слова:** врожайність зерна; кількість зернових рядів; кількість зерен у ряді; маса зерна з качана; маса 1000 зерен.

## Вступ

Визначення кореляційних залежностей між господарсько-цінними ознаками гібридів кукурудзи може бути використане при уточненні моделей гібридів для конкретних агрокліматичних зон та встановленні основних параметрів добору за складовими показниками продуктивності [1–3].

Найбільший урожай формується за умови оптимального співвідношення розвитку всіх елементів його структури. Однак, у разі недостатнього розвитку одного з них, урожай може бути частково компенсований за рахунок інших складових. При чому, необхідно враховувати, що деякі елементи структури врожаю формуються на різних етапах орга-

ногенезу, і для їхнього оптимального розвитку необхідні різні умови [4, 5].

Урожайність кукурудзи, як й інших зернових культур, є складовою низки кількісних ознак. Тому, для подальшого генетичного поліпшення рослин і підвищення врожайності необхідно володіти інформацією не лише про рівень прояву результативної ознаки, а й окремих елементів структури врожаю та їхнього взаємозв'язку. На початкових етапах селекційного процесу селекціонер повинен провести оцінку і добір генотипів, які забезпечать формування високої врожайності, тому для подальшого розроблення теорії й практики добору перспективних комерційних гібридів необхідно виявити стабільні зв'язки між елементами структури врожаю [6–9].

Дослідженням кореляцій кількісних ознак, що пов'язані з урожайністю, присвячено публікації як вітчизняних, так і зарубіжних науковців. Встановлено, що коефіцієнт кореляції між певними ознаками може змінюватися внаслідок різних погодних умов року вегетації, місця проведення досліджень та генетичного матеріалу. Такі

Tetiana Marchenko

<http://orcid.org/0000-0001-6994-3443>

Raisa Vozhegova

<http://orcid.org/0000-0002-3895-5633>

Yurii Lavrynenko

<http://orcid.org/0000-0001-9442-8793>

Tetiana Khomenko

<http://orcid.org/0000-0001-9199-6664>

закономірності мінливості зв'язку між окремими кількісними ознаками цілком узгоджуються з основними положеннями генетики кількісних ознак та фенотипового їхнього прояву у взаємодії «генотип – середовище» [10–15].

Селекція кукурудзи в умовах сьогодення потребує залучення до селекційних програм різних методів статистичного аналізу з метою підвищення ефективності добору за комплексом господарсько-цінних ознак генотипів кукурудзи та розробки морфо-фізіологічних моделей гібридів кукурудзи для конкретних агроекологічних умов. У практичній селекції важливо володіти інформацією про факторіальні ознаки, що мають прямий чи опосередкований вплив на результативну ознаку чи властивість. Знання ступеня взаємозв'язку цільових і сполучених ознак дозволяє прогнозувати селекційний процес, підвищувати ефективність селекції і знижує загальні витрати на створення нових сортів чи гібридів [16–19].

З огляду на вищенаведене, дослідження рівня прояву й кореляції елементів структури врожаю кукурудзи є актуальним завданням для вдосконалення моделей гібридів різних груп стиглості для умов зрошення в Південному Степу.

### Матеріали та методика досліджень

Полеві та лабораторні дослідження проводили протягом 2012–2018 рр. на дослідних полях сівозміни відділу селекції Інституту зрошуваного землеробства НААН, розташованому в зоні Інгuleцького зрошуваного масиву. Дослідження проводились згідно методичних рекомендацій [20–22].

Попередник – соя. Оранка проводилась на глибину 25–28 см. Сівбу здійснювали вручну по попередньо розмаркованому полю. Висівали культуру в першій декаді травня, коли температура ґрунту на глибині загортання насіння досягла 12–14 °С. Формування густоти стояння рослин проводили у фазу 4–5 листків – 80 тис. рослин на гектар. Агротехніка вирощування гібридів кукурудзи в дослідках – загальноприйнята для умов Південного Степу [23].

Ґрунт дослідної ділянки – темно-каштановий, середньосуглинковий, слабкосолонцюватий з глибоким рівнем залягання ґрунтових вод. Найменша вологемність шару ґрунту 0,7 м становить 22,0%, вологість в'янення – 9,7% від маси сухого ґрунту. В орному шарі ґрунту (0–30 см) міститься 2,2% гумусу. Середній вміст нітратного азоту в шарі ґрунту 0–50 см – 1,3, рухомого

фосфору – 3,1, обмінного калію – 33,2 мг/100 г ґрунту. Валового азоту в ґрунті міститься 0,20–0,25, фосфору – 0,12–0,14%. Уміст рухомих форм фосфору на зрошуваних темно-каштанових ґрунтах останніми роками збільшився, що пояснюється тривалим зрошенням і систематичним внесенням фосфорних добрив. Ґрунтовий поглинальний комплекс насичений переважно кальцієм і магнієм. Реакція ґрунтового розчину верхніх горизонтів близька до нейтральної або слабколужна (рН 6,9–7,4) і зростає вниз за профілем. Загалом ґрунт є типовим для Степової зони півдня України.

Мінеральні добрива (аміачну селітру) внесли під передпосівну культивуацію. Розрахункову норму добрив на урожайність 15 т/га визначали методом оптимальних параметрів за різницею між виносом елементів живлення з урожаєм і фактичним їхнім умістом у ґрунті. Залежно від фактичного вмісту елементів живлення в ґрунті вона становила  $N_{150-200}$ .

Основним критерієм планування режиму зрошення був рівень передполивної вологості ґрунту (РПВГ). Вегетаційний період кукурудзи умовно було розділено на три етапи: перший – «сходи–цвітіння», другий – «цвітіння–молочна стиглість», третій – «молочна стиглість–повна стиглість». Біологічно оптимальним режимом зрошення кукурудзи був режим, за якого на всіх етапах органогенезу РПВГ підтримувався на рівні 80% НВ.

Щорічно вивчалось 400 гібридів різних груп стиглості. Вивчали гібриди ранньостиглої групи (ФАО 180–190) – 40, середньоранньої (ФАО 200–290) – 80, середньостиглої (ФАО 300–390) – 100, середньопізньої (ФАО 400–490) – 100, пізньостиглої (ФАО > 500) – 80. Облікова площа однієї ділянки – 9,8 м<sup>2</sup> (ділянка дворядкова, довжиною 7, міжряддя 0,7 м), повторення триразове. У дослідженнях використовували експериментальні гібриди кукурудзи контрольного розсадника, що створені за селекційною програмою.

Упродовж вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження. Відмічали дати сходів, 7 листків, 12–13 листків, цвітіння чоловічих та жіночих суцвіть, молочної стиглості зерна, фізіологічної стиглості. Біометричними вимірюваннями було встановлено висоту рослин кукурудзи та висоту прикріплення верхнього продуктивного качана.

Збирання врожаю проводили вручну, після чого визначали масу качанів з кожної дослідної ділянки, відбирали проби для визначення вологості зерна при збиранні (за допомогою вологоміра зерна Wile 55), врожай-

ності та елементів структури качана (діаметр качана і його стрижня, довжина стрижня та довжина качана озернена, кількість зернових рядів і зерен у ряду), маси 1000 зерен та маси зерна з качана. Структурний аналіз проводили на десяти качанах кукурудзи з кожної ділянки [24].

Статистичний аналіз робили за допомогою комп'ютерних програм «MSTAT» та «AgroBase», згідно з методикою Б. А. Доспехова [21]. Для оцінки тісноти зв'язку користувались «Таблицею Чеддока».

### Результати досліджень

Дослідженнями було визначено такі ознаки продуктивності: кількість рядів зерен, кількість зерен у ряді, маса зерна з качана в гібридів різних груп стиглості.

За ознакою «кількість зернових рядів» найменший показник зафіксовано в гібридів ранньостиглої (ФАО 180–190) і середньоранньої групи стиглості (ФАО 200–290) –  $\bar{X} = 15,0$  і  $15,7$  шт. відповідно (табл. 1).

Таблиця 1

Параметри мінливості ознаки «кількість зернових рядів» у гібридів кукурудзи різних груп стиглості (2012–2018 рр.)

Група стиглості	Статистичний показник					
	$\bar{X}$ , шт.	$S_{\bar{X}}$ , шт.	$V_g$ , %	$S_v$ , %	min	max
Ранньостигла (ФАО 180–190)	15,0	0,13	9,5	0,81	14,0	16,0
Середньорання (ФАО 200–290)	15,7	0,14	11,3	0,92	14,0	18,0
Середньостигла (ФАО 300–390)	16,3	0,19	11,8	0,97	16,0	20,0
Середньопізня (ФАО 400–490)	16,8	0,26	12,7	0,99	16,0	20,0
Пізнньостигла (ФАО > 500)	17,7	0,28	14,6	1,15	16,0	22,0

Пізнньостигла група (ФАО > 500) мала найбільше значення досліджуваного показника –  $\bar{X} = 17,7$  шт., близькими за значенням були середньопізні форми (ФАО 400–490) –  $\bar{X} = 16,8$  шт.

Генотипова мінливість ознаки знаходилась на середньому рівні, лише ранньостиглі гібриди мали менший рівень генотипового різноманіття, на що вказували показники коефіцієнта варіації –  $V_g = 9,5\%$ . Найбільша варіабельність спостерігалась у пізнньостиглій групі –  $V_g = 14,6\%$ . За амплітудою прояву ознаки група з ФАО > 500 мала найбільші показники кількості рядів зерен –  $16,0$ – $22,0$  шт.

Максимальну середню кількість зерен у ряді сформували гібриди середньопізньої групи  $\bar{X} = 42,8$  шт., у ранньостиглих форм

було відмічено мінімальний показник ознаки  $\bar{X} = 36,0$  шт. (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри мінливості ознаки «кількість зерен у ряді» у гібридів кукурудзи різних груп стиглості (2012–2018 рр.)

Група стиглості	Статистичний показник					
	$\bar{X}$ , шт.	$S_{\bar{X}}$ , шт.	$V_g$ , %	$S_v$ , %	min	max
Ранньостигла (ФАО 180–190)	36,0	0,32	8,8	0,56	25,0	37,3
Середньорання (ФАО 200–290)	38,3	0,41	9,7	0,74	26,3	39,5
Середньостигла (ФАО 300–390)	41,7	0,44	9,8	0,77	29,3	44,5
Середньопізня (ФАО 400–490)	42,8	0,62	9,8	1,22	30,0	48,8
Пізнньостигла (ФАО > 500)	39,5	0,51	11,2	0,94	31,5	40,2

Найстабільнішими за проявом ознаки виявились гібриди ранньостиглої групи (ФАО 180–190) –  $V_g = 8,8\%$ . Середньоранні, середньостиглі та середньопізні генотипи мали майже однаковий показник коефіцієнта варіації  $V_g = 9,7$ ;  $9,8$ ;  $9,8\%$  відповідно. Лише в пізнньостиглій групі було відмічено середній рівень генотипової мінливості ( $V_g = 11,2\%$ ), що свідчить про більше різноманіття за цією комплексною ознакою та можливість добору.

Мінімальний прояв ознаки «кількість зерен у ряді» був зафіксований у ранньостиглої групи –  $25,0$  шт., максимальний прояв спостерігався у середньопізньої групи –  $48,8$  шт.

Однією з важливих ознак продуктивності гібридів кукурудзи є маса зерна з качана. Середньогрупові значення досліджуваної ознаки мали тенденцію до збільшення зі зростанням значення ФАО. Найбільші показники маси зерна з качана мали гібриди середньопізньої групи (ФАО 400–499) –  $\bar{X} = 159,6$  г, що можна пояснити значно вищим потенціалом продуктивності, порівняно з гібридами ранніх груп. Найменша маса зерна була притаманна гібридам ранньостиглої групи –  $\bar{X} = 104,0$  г.

Максимальна маса зерна з качана була зафіксована в гібридів середньопізньої групи –  $312,5$  г. У той самий час мінімальну масу було відмічено у ранньостиглих гібридів (ФАО 180–190) –  $104,0$  г (табл. 3).

Рівень генотипової мінливості цього показника був високим у всіх групах стиглості. Найменш мінливими за проявом ознаки виявились гібриди пізнньостиглої групи –  $V_g = 23,4\%$ . Противагу їм склали гібриди середньопізньої групи –  $V_g = 35,2\%$ . Майже однакові значення генотипового коефіцієнта варі-

Таблиця 3

**Параметри мінливості ознаки «маса зерна з одного качана» гібридів кукурудзи різних груп стиглості (2012–2018 рр.)**

Група стиглості	Статистичний показник					
	$\bar{X}$ , шт.	$S_{\bar{X}}$ , шт.	$V_{gr}$ , %	$S_v$ , %	min	max
Ранньостигла (ФАО 180–190)	149,5	2,29	24,8	1,27	104,0	211,0
Середньорання (ФАО 200–290)	237,6	1,67	26,4	0,86	114,0	258,5
Середньостигла (ФАО 300–390)	259,1	2,42	26,5	1,20	155,0	267,5
Середньопізня (ФАО 400–490)	307,2	4,80	35,2	2,44	186,2	312,5
Пізньюстигла (ФАО > 500)	242,5	3,49	23,4	1,57	167,0	288,5

ації мали генотипи кукурудзи середньоранньої та середньостиглої груп  $\bar{X} = 26,4$  та  $26,5$  г.

Результати досліджень свідчать про важливість розглянутих господарсько-цінних ознак у формуванні еталону гібридів кукурудзи контрастних за групами стиглості. Було виділено наступну кількісну ознаку, за якою добір є ефективним – маса зерна з одного качана, де коефіцієнт варіації сягав градації «висока мінливість».

Генотиповий коефіцієнт варіації залежить від групи стиглості гібридів кукурудзи та особливостей формування кожної ознаки.

Процес вивчення впливу господарських ознак на продуктивність гібридів кукурудзи та її елементів свідчить про те, що визначення основних елементів у створенні моделей гібридів кукурудзи потребує додаткових статистичних досліджень.

Основні господарсько-цінні ознаки є кількісними, тому їхній аналіз разом з продуктивністю є доцільним, адже вони розглядаються як елементи структури врожаю. Ознака «кількість зернових рядів» є стійкішою при відтворюванні в нащадків, ніж урожайність, у зв'язку з її детермінуванням на початкових етапах морфогенезу [14].

Встановлено мінливості кореляцій між ознаками та елементами продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості за умов краплинного режиму зрошення. Серед значної кількості господарсько-цінних ознак, що мають значний вплив на формування господарської та потенційної врожайності, важливе місце займають такі показники, як кількість зернових рядів і кількість зерен у ряді. Вивчення кореляційної залежності між ними й іншими основними господарсько-цінними ознаками має практичне значення для визначення оптимальних параметрів при розробці моделі гібридів кукурудзи для конкретних агрокліматичних зон вирощування.

Виявлено, що кількість зернових рядів має значний кореляційний зв'язок з діаметром стрижня. Подібні значення коефіцієнта кореляції мали гібриди середньоранньої, середньостиглої та пізньюстиглої груп ФАО ( $r = 0,54$ ). Позитивна залежність на помірному рівні спостерігалась також у ранньостиглих гібридів –  $r = 0,33$ . Простежувався позитивний зв'язок на помірному рівні між досліджуваною ознакою та діаметром качана ( $r = 0,35-0,49$ ), окрім пізньюстиглої групи ( $r = -0,1$ ). Це вказує на той факт, що збільшення кількості зернових рядів у пізньюстиглих гібридів і недостатня кількість ефективних температур порушують процес наливу зерна, що призводить до формування щуплого зерна, а це у свою чергу – до спаду врожайності (табл. 4).

Обернений кореляційний зв'язок спостерігався між ознакою «кількість зернових рядів» та такими показниками, як довжина стрижня та довжина качана озернена. Від ранньостиглої до пізньюстиглої групи коефіцієнт кореляції був обернений, найбільше його значення зафіксовано в середньопізніх морфобіотипів ( $r = -0,44, -0,55$  відповідно).

Кореляційна залежність між кількістю зернових рядів і урожайністю була позитивною,

Таблиця 4

**Кореляційна залежність кількості зернових рядів з ознаками та показниками гібридів кукурудзи ( $r$ )**

Група стиглості	Урожайність, т/га	Вологість зерна, %	Довжина качана озернена, см	Довжина стрижня, см	Діаметр качана, мм	Діаметр стрижня, мм
Ранньостигла (ФАО 180–190)	0,17	0,07	-0,25	-0,31	0,40	0,33
Середньорання (ФАО 200–290)	0,07	-0,10	-0,37	-0,45	0,35	0,54
Середньостигла (ФАО 300–390)	0,13	0,11	-0,17	-0,25	0,46	0,54
Середньопізня (ФАО 400–490)	0,10	-0,06	-0,55	-0,44	0,49	0,10
Пізньюстигла (ФАО > 500)	0,10	-0,10	-0,30	-0,20	-0,10	0,54

але на слабкому рівні, про що свідчать значення коефіцієнту кореляції, який в цілому по вибірці коливався від  $r = 0,07$  до  $r = 0,17$ .

Між кількістю зернових рядів та збиральною вологістю зерна також не спостерігалось істотних кореляційних зв'язків, що дає можливість прогнозувати добір високопродуктивних гібридів з низькою збиральною вологістю зерна.

Кількість зернових рядів має істотні зв'язки з урожайністю, крім пізньої групи. У цьому випадку також підтверджується припущення, що збільшення кількості зерен у ряді в пізніх форм і недостатня кількість ефективних температур може призвести до порушення процесу дозрівання та в результаті – до щуплості зерна і втрати врожайності (табл. 5).

Таблиця 5

Кореляційна залежність кількості зерен у ряді з ознаками та показниками гібридів кукурудзи ( $r$ )

Група стиглості	Урожайність, т/га	Довжина качана озернена, см	Довжина стрижня, см	Діаметр качана, мм	Діаметр стрижня, мм	Кількість зернових рядів, шт.
Ранньостигла (FAO 180–190)	0,04	0,58	0,71	-0,39	-0,14	-0,08
Середньорання (FAO 200–290)	0,03	0,71	0,81	0,28	-0,29	-0,57
Середньостигла (FAO 300–390)	0,11	0,64	0,78	0,24	-0,05	-0,19
Середньопізня (FAO 400–490)	0,14	0,56	0,73	-0,22	-0,28	-0,43
Пізньостигла (FAO > 500)	0,02	0,51	0,61	-0,11	-0,19	0,11

Кореляційний аналіз між кількістю зерен у ряді та діаметром стрижня виявив, що у всіх групах FAO був зафіксований негативний зв'язок між ознаками. Найбільшого значення коефіцієнт кореляції сягнув у середньоранній групі стиглості –  $r = -0,29$ .

Обернена кореляційна залежність спостерігалась між кількістю рядів зерен та кількістю зерен у ряді, окрім пізньостиглої групи FAO ( $r = 0,1$ ). У середньопізній та середньоранній групах стиглості коефіцієнт кореляції сягнув найбільших значень ( $r = -0,40$  та  $-0,57$  відповідно).

Сильна кореляційна залежність зафіксована між кількістю зерен у ряді та такими ознаками, як довжина стрижня та довжина качана озернена. Зв'язок був значним у всіх групах FAO. Коефіцієнт кореляції коливався по групах FAO від  $r = 0,50$  до  $r = 0,80$ . Найбільший коефіцієнт кореляції був між кількістю зерен у ряді та довжиною качана озерненою у середньоранній групі ( $r = 0,81$ ). Це пов'язано з тим, що гібриди пізньостиглої групи FAO мали високий потенціал продуктивності, проте навіть в умовах півдня України для формування зернівок у генетично запрограмованій кількості зерен у ряді пізньостиглої групи FAO не вистачає температурно-світлового режиму, що призводить до формування качанів з низьким відношенням довжини качана озерненої до довжини стрижня.

Негативний зв'язок був відмічений між кількістю зерен у ряді та діаметром качана

у ранньостиглих, середньопізніх та пізньостиглих форм гібридів кукурудзи ( $r = -0,39$ ;  $-0,22$ ;  $-0,11$ ), а серед середньоранніх, середньостиглих та загальної групи гібридів спостерігалась позитивна кореляційна залежність ( $r = 0,28$ ;  $0,24$ ;  $0,16$ ).

Маса зерна з одного качана є основною складовою елементів структури врожаю для кукурудзи. За отриманими даними (табл. 6) найбільша кореляція маси зерна з качана спостерігалась з ознаками: урожайність зерна, довжина стрижня, довжина качана озернена, діаметр качана, маса 1000 зерен, вихід зерна. Серед перелічених показників спостерігали позитивну залежність у всіх групах стиглості і в цілому по вибірці. Найбільше значення коефіцієнту кореляції було між масою зерна з качана та масою 1000 зерен. Характерним є те, що рівень кореляційних залежностей був дуже високим у всіх групах стиглості гібридів кукурудзи. Найбільшим він був у середньопізній групі ( $r = 0,90$ ).

Незначний зворотній зв'язок у окремих груп FAO проявила ознака «сходи-цвітіння 50% качанів» з іншими показниками. Це свідчить про те, що для кожної групи стиглості є конкретний селекційний матеріал, який у свою чергу є константним за тривалістю фаз розвитку рослин, і підвищення врожайності зерна в досліджуваних групах відбувається не за рахунок тривалості вегетаційного періоду, а саме завдяки іншим складовим кількісним ознакам.

Кореляційна залежність маси зерна з качана з ознаками та показниками гібридів кукурудзи ( $r$ )

Група стиглості	Урожайність, т/га	Довжина качана озерна, см	Довжина стрижня, см	Діаметр качана, мм	Маса 1000 зерен, шт.	Сходи-цвітіння 50% качанів, днів
Ранньостигла (ФАО 180–190)	0,35	0,41	0,42	0,31	0,71	0,22
Середньорання (ФАО 200–290)	0,37	0,67	0,66	0,66	0,83	-0,07
Середньостигла (ФАО 300–390)	0,41	0,75	0,69	0,66	0,85	0,51
Середньопізня (ФАО 400–490)	0,76	0,22	0,12	0,32	0,91	-0,31
Пізностигла (ФАО > 500)	0,31	0,32	0,36	0,71	0,82	-0,21

Вологість зерна збиральна з масою зерна з качана мала невисокий коефіцієнт кореляції в усіх групах стиглості (від  $r = -0,21$  до  $r = 0,39$ ), що вказує на можливість проведення добору високопродуктивних гібридів в усіх групах ФАО з низькою збиральною вологістю зерна.

Стійкість рослин до вилягання практично не впливала на масу зерна з качана ні в одній з груп стиглості, це пояснюється тим, що сучасні гібриди мають високу стійкість до вилягання і на момент збирання практично не вилягають.

Отримані результати досліджень свідчать про значні можливості добору за ознакою «маса зерна з качана» та доведення його до відповідного рівня.

Таким чином, на основі результатів досліджень визначено кореляційні залежності між ознаками структури качана гібридів кукурудзи, що дає можливість використовувати їх для експресної оцінки продуктивності рослин.

### Висновки

Маса зерна з качана є основною складовою елементів структури врожаю для гібридів кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу. Сильна позитивна кореляція маси зерна з качана в усіх групах стиглості спостерігалась з ознаками: урожайність зерна, довжина стрижня, довжина качана озерна, діаметр качана, вихід зерна. Найбільше значення коефіцієнту кореляції було встановлено між масою зерна з качана та масою 1000 зерен, рівень кореляційних залежностей був високим в усіх групах стиглості гібридів кукурудзи, а найбільшим – у середньопізній групі ( $r = 0,90$ ).

Кількість зернових рядів була найменшою у гібридів ранньостиглої групи (ФАО 180–190) –  $\bar{X} = 15,0$  шт. Пізностигла група мала найбільше значення показника –  $\bar{X} =$

17,7 шт., статистично близькими до цього були середньопізні форми –  $\bar{X} = 16,8$  шт.

За кількістю зерен у ряді вирізнялися генотипи середньостиглих та середньопізніх груп ФАО – 41,7 та 42,8 відповідно. Максимальну кількість зерен у ряді сформували гібриди середньопізньої групи 42,8, у ранньостиглих форм був відмічений мінімальний показник ознаки – 36,0.

Максимальну масу зерна з качана сформували гібриди середньопізньої групи – 312,5 г. Мінімальна маса була відмічена в гібридів кукурудзи ранньостиглої групи (ФАО 180–190) – 104,0 г.

Встановлено, що кількість зернових рядів має значні кореляційні зв'язки з діаметром стрижня. Подібні значення коефіцієнту кореляції мали гібриди середньорання, середньостиглої та пізностиглої груп ФАО ( $r = 0,54$ ). Позитивна залежність на середньому рівні спостерігалась також у ранньостиглих гібридів –  $r = 0,33$ . Простежувався позитивний зв'язок на середньому рівні між досліджуваною ознакою та діаметром качана, крім пізностиглої групи ( $r = -0,1$ ). Збільшення кількості рядів зерен у пізностиглих гібридів і недостатня кількість ефективних температур порушують процес наливу зерна, що призводить до формування щуплого зерна, а це у свою чергу – до спаду врожайності. Кількість рядів зерен не мала чіткої спрямованої дії на урожайність. Кореляційна залежність була позитивною, але на низькому рівні ( $r = 0,07 \dots r = 0,17$ ).

Кількість зерен у ряді має істотні зв'язки з продуктивністю, крім пізньої групи, що свідчить про недостатній кліматичний потенціал для реалізації генотипових задатків гібридів з ФАО > 500. Істотна кореляція зафіксована між кількістю зерен у ряді та такими ознаками, як довжина качана повна та довжина качана озерна. Зв'язок знаходився на високому рівні в усіх групах стиглості.

Коефіцієнт кореляції коливався за групами стиглості від 0,50 до 0,81. Найбільший коефіцієнт кореляції був отриманий між кількістю зерен у ряді та довжиною качана озерненої у середньоранній групі ( $r = 0,81$ ).

Встановлена генотипова мінливість складових елементів продуктивності гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах зрошення, що дозволяє прогнозувати проведення ефективних доборів за певними ознаками в конкретних групах стиглості. Виявлені кореляційні залежності між кількісними ознаками структури качана та урожайністю зерна гібридів дозволяють проведення попередньої оцінки потенційної врожайності за факторіальними ознаками в гібридів кукурудзи ФАО 180–600, що адаптовані до умов зрошення.

### Використана література

- Дзюбецький Б. В., Абельмасов О. В. Характеристика тесткросів ранньостиглих ліній кукурудзи плазми Айодент в умовах північної зони степу України. *Зернові культури*. 2018. Т. 2, № 1. С. 5–13. doi: 31867/2523-4544/0001
- Beckett T. J., Rocheford T. R., Mohammadi M. Reimagining Maize Inbred Potential: Identifying Breeding Crosses Using Genetic Variance of Simulated Progeny. *Crop Sci.* 2019. Vol. 59, No. 4. P. 1457–1468. doi: 10.2135/cropsci2018.08.0508
- Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Нужна М. В., Боденко Н. А. Моделі гібридів кукурудзи FAO 150–490 для умов зрошення. *Plant Var. Stud. Prot.* 2018. Т. 14, № 1. С. 58–64. doi: 10.21498/2518-1017.14.1.2018.126508
- Присяжнюк Л. М., Шовгун О. О., Король Л. В., Коровко І. І. Оцінка показників стабільності й пластичності нових гібридів кукурудзи (*Zea mays* L.) в умовах Полісся та Степу України. *Plant Var. Stud. Prot.* 2016. № 2. С. 16–21. doi: 10.21498/2518-1017.2(31).2016.70050
- Kravchenko A. N., Bullock D. G. Correlation of Corn and Soybean Grain Yield with Topography and Soil Properties. *Agron. J.* 2000. Vol. 92, No. 1. P. 75–83. doi: 10.2134/agronj2000.92175x
- Li B., Hoi S. C. H., Gopalkrishna V. CORN: Correlation-driven nonparametric learning approach for portfolio selection. *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.* 2011. Vol. 2, Iss. 3. P. 21–24. doi: 10.1145/1961189.1961193
- Johnston R. Z., Sandefur H. N., Bandekar P. et al. Predicting changes in yield and water use in the production of corn in the United States under climate change scenarios. *Ecol. Engin.* 2015. Vol. 82. P. 555–565. doi: 10.1016/j.ecoleng.2015.05.021
- Assefa Y., Vara Prasad P. V., Carter P. et al. A New Insight into Corn Yield: Trends from 1987 through 2015. *Crop Sci.* 2017. Vol. 57, Iss. 5. P. 2799–2811. doi: 10.2135/cropsci2017.01.0066
- Lorenzana R. E., Bernardo R. Genetic Correlation between Corn Performance in Organic and Conventional Production Systems. *Crop Sci.* 2008. Vol. 48, Iss. 3. P. 903–910. doi: 10.2135/cropsci2007.08.0465
- Leng G. Recent changes in county-level corn yield variability in the United States from observations and crop models. *Sci. Total. Environ.* 2017. Vol. 607–608. P. 683–690. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.07.017
- Yi Q., Liu Y., Hou X., Zhang X. et al. Genetic dissection of yield-related traits and mid-parent heterosis for those traits in maize (*Zea mays* L.). *BMC Plant Biol.* 2019. Vol. 19, Iss. 1. P. 392–399. doi: 10.1186/s12870-019-2009-2
- Беліков Є. І., Купріченко Т. Г. Нові кремєністі лінії кукурудзи. *Зернові культури*. 2018. Т. 2, № 1. С. 22–28. doi: 10.31867/2523-4544/0003
- Zarei B., Kahrizi D., Aboughadareh A. P., Sadeghi F. Correlation and path coefficient analysis for determining interrelationships among grain yield and related characters in corn hybrids (*Zea mays* L.). *Int. J. Agric. Crop Sci.* 2012. Vol. 4, Iss. 20. P. 1519–1522. doi: IJACS/2012/4-20/1519-1522
- Абельмасов О. В., Бебех А. В. Особливості прояву основних елементів структури врожайності самозапилених ліній кукурудзи в різних умовах вирощування. *Plant Var. Stud. Prot.* 2018. Т. 14, № 2. С. 209–214. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134771
- Mazur M., Brkić A., Šimić D. et al. Genomewide analysis of biomass responses to water withholding in young plants of maize inbred lines with expired plant variety protection certificate. *BioRxiv*. 2019. doi: 10.1101/704668 [preprint]
- Venancio L. P., Mantovani E. C., Amaral C. H. et al. Forecasting corn yield at the farm level in Brazil based on the FAO-66 approach and soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Agric. Water Manag.* 2019. Vol. 225. P. 105–107. doi: 10.1016/j.agwat.2019.105779
- Carpici E. B., Celik N. Correlation and path coefficient analyses of grain yield and yield components in two-rowed of barley (*Hordeum vulgare* convar. *distichon*) varieties. *Not. Sci. Biol.* 2012. Vol. 4, Iss. 2. P. 128–131. doi: 10.15835/nsb427388
- Shukla M. K., Lal R., Ebinger M. Principal component analysis for predicting corn biomass and grain yields. *Soil Sci.* 2014. Vol. 169, Iss. 3. P. 215–224. doi: 10.1097/01.ss.0000122521.03492.eb
- Гайдаш О. Л. Оцінка комбінаційної здатності за врожайністю зерна самозапилених сімей *S<sub>5</sub>* кукурудзи (*Zea mays* L.). *Plant Var. Stud. Prot.* 2016. № 1. С. 62–66. doi: 10.21498/2518-1017.1(30).2016.61781
- Лавриненко Ю. О., Коковіхін С. В., Михаленко І. В. Методичні вказівки з насінництва кукурудзи в умовах зрошення. Херсон: Айлант, 2008. 212 с.
- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях: Методы таксономии и факторного анализа. Москва: Статистика, 1980. 151 с.
- Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Гож О. А. та ін. Науково-практичні рекомендації з технології вирощування кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу України. Херсон: Грін Д. С. 2015. 104 с.
- Лебідь Є. М., Циков В. С., Пащенко Ю. М. та ін. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою. Дніпропетровськ, 2008. 27 с.

### References

- Dziubetskyi, B. V., & Abelmanov, O. V. (2018). Characterization of testcrosses of early maturing corn lines of plasma of Aioident in the conditions of the northern zone of the Steppe of Ukraine. *Zernovi kul'turi* [Grain Crops], 2(1), 5–13. doi: 10.31867/2523-4544/0001. [in Ukrainian]
- Beckett, T. J., Rocheford, T. R., & Mohammadi, M. (2019). Reimagining Maize Inbred Potential: Identifying Breeding Crosses Using Genetic Variance of Simulated Progeny. *Crop Sci.*, 59(4), 1457–1468. doi: 10.2135/cropsci2018.08.0508
- Lavrynenko, Yu. O., Marchenko, T. Yu., Nuzhna, M. V., & Bodenko, N. A. (2018). Models of corn hybrids of different maturity groups FAO 150–490 for irrigated conditions. *Plant Var. Stud. Prot.*, 14(1), 58–64. doi: 10.21498/2518-1017.14.1.2018.126508. [in Ukrainian]
- Prisyazhniuk, L. M., Shovhun, O. O., Korol, L. V., & Korovko, I. I. (2016). Assessment of stability and plasticity of new hybrids of maize (*Zea mays* L.) under the conditions of Polissia and Steppe zones of Ukraine. *Plant Var. Stud. Prot.*, 2, 16–21. doi: 10.21498/2518-1017.2(31).2016.70050. [in Ukrainian]
- Kravchenko, A. N., & Bullock, D. G. (2000). Correlation of Corn and Soybean Grain Yield with Topography and Soil Properties. *Agron. J.*, 92(1), 75–83. doi: 10.2134/agronj2000.92175x

6. Li, B., Hoi, S. C. H., & Gopalkrishna, V. (2011). CORN: Correlation-driven nonparametric learning approach for portfolio selection. *ACM Trans. Intell. Syst. Technol.*, 2(3), 21–24. doi: 10.1145/1961189.1961193
7. Johnston, R. Z., Sandefur, H. N., Bandekar, P., Matlock, M. D., Haggard, B. E., & Thoma, G. (2015). Predicting changes in yield and water use in the production of corn in the United States under climate change scenarios. *Ecol. Engin.*, 82, 555–565. doi: 10.1016/j.ecoleng.2015.05.021
8. Assefa, Y., Vara Prasad, P. V., Carter, P., Hinds, M., Bhalla, G., Schon, R., ... Ciampitti, I. A. (2017). A New Insight into Corn Yield: Trends from 1987 through 2015. *Crop Sci.*, 57(5), 2799–2811. doi: 10.2135/cropsci2017.01.0066
9. Lorenzana, R. E., & Bernardo, R. (2008). Genetic Correlation between Corn Performance in Organic and Conventional Production Systems. *Crop Sci.*, 48(3), 903–910. doi: 10.2135/cropsci2007.08.0465
10. Leng, G. (2017). Recent changes in county-level corn yield variability in the United States from observations and crop models. *Sci. Total. Environ.*, 607–608, 683–690. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.07.017
11. Yi, Q., Liu, Y., Hou, X., Zhang, X., Zhang, X., Li, H., Zhang, J., ... Huang, Y. (2019). Genetic dissection of yield-related traits and mid-parent heterosis for those traits in maize (*Zea mays* L.). *BMC Plant Biol.*, 19(1), 392–399. doi: 10.1186/s12870-019-2009-2
12. Bielikov, Ye. I., & Kuprichenkova, T. H. (2018). New flinty maize. *Zernovi kul'turi* [Grain Crops], 2(1), 22–28. doi: 10.31867/2523-4544/0003. [in Ukrainian]
13. Zarei, B., Kahrizi, D., Aboughadareh, A. P., & Sadeghi, F. (2012). Correlation and path coefficient analysis for determining interrelationships among grain yield and related characters in corn hybrids (*Zea mays* L.). *Int. J. Agric. Crop Sci.*, 4(20), 1519–1522. doi: IJACS/2012/4-20/1519-1522
14. Abelmanov, O. V., & Bebeh, A. V. (2018). Specifics of the key yield components manifestation in self-pollinated corn lines under different growing conditions. *Plant Var. Stud. Prot.*, 14(2), 209–214. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134771. [in Ukrainian]
15. Mazur, M., Brkić, A., Šimić, D., Brkić, J., Jambrović, A., Zdunić, Z., & Galic, V. (2019). Genomewide analysis of biomass responses to water withholding in young plants of maize inbred lines with expired plant variety protection certificate. *BioRxiv*. doi: 10.1101/704668 [preprint]
16. Venancio, L. P., Mantovani, E. C., Amaral, C. H., Usher, C. M., Neale, C. M. U., Gonçalves, I. Z., Filgueiras, R., & Campos, I. (2019). Forecasting corn yield at the farm level in Brazil based on the FAO-66 approach and soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Agric. Water Manag.*, 225, 105–107. doi: 10.1016/j.agwat.2019.105779
17. Carpici, E. B., & Celik, N. (2012). Correlation and path coefficient analyses of grain yield and yield components in two-rowed of barley (*Hordeum vulgare* convar. *distichon*) varieties. *Not. Sci. Biol.*, 4(2), 128–131. doi: 10.15835/nsb427388
18. Shukla, M. K., Lal, R., & Ebinger, M. (2014). Principal component analysis for predicting corn biomass and grain yields. *Soil Sci.*, 169(3), 215–224. doi: 10.1097/01.ss.0000122521.03492.eb
19. Haidash, O. L. (2016). Assessment of combining ability for grain yield of self-pollinated S<sub>5</sub> maize (*Zea mays* L.) families of mixed germplasm. *Plant Var. Stud. Prot.*, 1, 62–66. doi: 10.21498/2518-1017.1(30).2016.61781
20. Lavrynenko, Yu. O., Kokovikhin, S. V., Naidonov, V. H., & Mykhailenko, I. V. (2008). *Metodychni vказivky z nasinnytstva kukurudzy v umovakh zroshennia* [Methodological instructions for seeding of corn under irrigation conditions]. Kherson: Ailant. [in Ukrainian]
21. Dospikhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. (5<sup>th</sup> ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
22. Plyuta, V. (1980). *Sravnitel'nyy mnogomernyy analiz v ekonomicheskikh issledovaniyakh: Metody taksonomii i faktornogo analiza* [Comparative Multivariate Analysis in Economic Research: Taxonomy and Factor Analysis Methods]. Moscow: Statistika. [in Russian]
23. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O., & Hozh, O. A. (2015). *Naukovo-praktychni rekomendatsii z tekhnologii vyroshchuvannia kukurudzy v umovakh zroshennia Pivdennoho Stepu Ukrainy* [Scientific and practical recommendations on the technology of corn cultivation under conditions of irrigation of the Southern Steppe of Ukraine]. Kherson: Hrin D. S. [in Ukrainian]
24. Lebid, Ye. M., Tsykov, V. S., Pashchenko, Yu. M., Dziubetskyj, B. V., & Cherchel, V. Yu. (2008). *Metodyka provedennia polovykh doslidiv z kukurudzoiu* [Method of conducting field experiments with corn]. Dnipropetrovsk: N.p. [in Ukrainian]

УДК 633.15:631.67(477.72)

**Марченко Т. Ю.<sup>1\*</sup>, Вожегова Р. А.<sup>1</sup>, Лавриненко Ю. О.<sup>1</sup>, Хоменко Т. М.<sup>2</sup>** Изменчивость составляющих элементов продуктивности гибридов кукурузы различных групп спелости в условиях орошения // *Plant Varieties Studying and Protection*. 2019. Т. 15, № 3. С. 279–287. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.3.2019.181093>

<sup>1</sup>Институт орошаемого земледелия НААН Украины, пос. Наддніпрянський, г. Херсон, 73483, Украина, \*e-mail: tmarchenko74@ukr.net

<sup>2</sup>Український інститут експертизи сортів рослин, ул. Генерала Родимцева, 15, г. Київ, 03041, Україна

**Цель.** Определить корреляционные зависимости составляющих элементов продуктивности гибридов кукурузы различных групп спелости с урожайностью зерна в условиях орошения Южной Степи Украины. **Методы.** Полевой, лабораторный, математически-статистический. **Результаты.** В статье приведены результаты исследований по определению корреляционных зависимостей между биометрическими признаками початка кукурузы с целью оценки продуктивности растений. По признаку «количество зерновых рядов» выделились гибриды позднеспелой группы – 17,7 шт., статистически близки к этому были среднепоздние формы – 16,8 шт. Наибольшее количество зерен в ряду сформировали гибриды среднепоздней группы (ФАО 400–490) – 48,8 шт. Самая высокая масса зерна с початка установлена у гибридов средне-

поздней группы – 312,5 г. Показано, что количество зерновых рядов имеет существенные корреляционные зависимости с диаметром стержня и початка. Количество зерновых рядов имело стабильное невысокое направленное действие на урожайность. Существенная корреляционная зависимость зафиксирована между количеством зерен в ряду и такими признаками, как длина стержня и длина початка озерненная. Связь находилась на высоком уровне во всех группах ФАО. Масса зерна с початка является основной составляющей элементов структуры урожая для кукурузы. Теснейшая корреляция массы зерна с початка наблюдалась с признаками: урожайность зерна, длина стержня, длина початка озерненная, диаметр початка, масса 1000 семян, выход зерна. **Выводы.** В условиях орошения установлена генотипическая изменчивость состав-



ляющих элементов продуктивности гибридов кукурузы, позволяющая прогнозировать проведение эффективных отборов по конкретным признакам соответственно группам спелости. Выявленные корреляционные зависимости между количественными признаками структуры початка и урожайностью зерна позволят проведение предвари-

тельной оценки потенциальной урожайности по факториальным признакам адаптированных к условиям орошения гибридов кукурузы с ФАО 180–600.

**Ключевые слова:** урожайность зерна; количество зерновых рядов; количество зерен в ряду; масса зерна с початка; масса 1000 зерен.

UDC 633.15:631.67(477.72)

**Marchenko, T. Yu.<sup>1\*</sup>, Vozhegova, R. A.<sup>1</sup>, Lavrynenko, Yu. O.<sup>1</sup>, & Khomenko T. M.<sup>2</sup>** (2019). Variability of the constituent elements of the productivity of maize hybrids of different ripeness groups under irrigation conditions. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15(3), 279–287. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.3.2019.181093>

<sup>1</sup>*Institute of Irrigated Agriculture, NAAS of Ukraine, Naddnyprianske village, Kherson, 73483, Ukraine, \*e-mail: tmarchenko74@ukr.net*

<sup>2</sup>*Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, 15 Henerala Rodymtseva St., 03041, Kyiv, Ukraine*

**Purpose.** To determine the correlation dependences of the constituent elements of the productivity of maize hybrids of different ripeness groups with grain productivity under irrigation conditions in the Southern Steppe of Ukraine. **Methods.** Field, laboratory, mathematical and statistical. **Results.** The article presents the results of studies to determine the correlation dependencies between the biometric features of the corn cob, in order to assess plant productivity. According to the number of rows per ear, hybrids of late ripening groups stood out – 17.7 pcs., medium late forms were statistically close to this – 16.8 pcs. The largest number of grains in a row was formed by hybrids of the middle-late group (FAO 400–490) 48.8 pcs. The highest grain weight from the cob was found in hybrids of the middle-late group – 312.5 g. It was shown that the number of rows has significant correlation with the diameter of the core and cob. The number of rows had a stable low directed effect on productivity. A significant correlation is fixed between the number of grains in a row

and such signs as the length of the core and the length of the grained cob. Connection was high in all FAO groups. The mass of grains per cob is the main component of the structure of the corn crop. A close correlation of the mass of grains per cob was observed with the following signs: grain productivity, length of the core, length of the cob with grains, diameter of the cob, weight of 1000 seeds, grain yield. **Conclusions.** Under irrigation conditions the genotypic variability of the constituent elements of the maize hybrids productivity was revealed, which allows predicting the conduct of effective screening on specific characteristics according to ripeness groups. The revealed correlation dependences between quantitative signs of the cob structure and grain yield will allow to make a preliminary assessment of potential yield by factorial characteristics adapted to the conditions of irrigation of corn hybrids with FAO 180–600.

**Keywords:** grain yield; number of grain rows; number of grains in a row; grain weight per ear; weight of 1000 grains.

*Надійшла / Received 20.08.2019*

*Погоджено до друку / Accepted 24.09.2019*