

УДК 633.15: 575.222.78: 631.527.5

**ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТРУКТУРИ ПРОДУКТИВНОСТІ
КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ГЕНОТИПУ ГІБРИДІВ І ЗОНИ
ВИРОЩУВАННЯ**

МАКАРЧУК М.О., здобувач

Уманський національний університет садівництва

Представлено результати вивчення залежності формування основних елементів продуктивності коізогенних аналогів простого гібрида кукурудзи Піонер-Гран 3978 та трилінійного гібрида Гран-6 від генетичних систем контрольованого розмноження і використаних генетичних маркерів. Доведено, що в умовах Правобережного Лісостепу і Південного Степу аналоги з генетичними маркерами ACR не знижували врожайність, і в кращих варіантах характеризувалися меншою збиральною вологістю зерна.

Ключові слова: *гібрид, коізогенний аналог, генетичний маркер, молдавський і парагвайський типи стерильності, закріплювач фертильності.*

Впродовж останнього десятиріччя сформувалась стійка тенденція зростання посівних площ та врожайності кукурудзи, внаслідок чого підвищився попит на насіння. Дефіцит якісного насіння вітчизняних гібридів кукурудзи спричинив збільшення імпорту, частка якого в окремі роки досягала близько 40 % загальної потреби [1], хоча за біологічними і господарсько-цінними характеристиками, зокрема ранньостиглістю й загальною адаптивністю закордонні гібриди поступаються вітчизняним, які апріорі краще пристосовані до наших умов вирощування. Тому проблема вдосконалення технологій, спрямованих на збільшення виробництва насіння вітчизняних гібридів кукурудзи з одночасним зменшенням його собівартості, потребує мобілізації зусиль селекціонерів, генетиків і насінярів, щоб подальший ріст виробництва зерна забезпечити не за рахунок розширення посівних площ, а завдяки якісному

насінництву і забезпеченню повного прояву генетичного потенціалу сучасних гібридів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виробництво зерна кукурудзи є трудомістким процесом і потребує врахування великої кількості особливостей культури і умов її вирощування. Наприклад, ранньостигла група може забезпечувати врожайність на рівні 85–95 ц/га, а середньостигла — 100–120 ц/га, однак відповідно з вологістю під час збирання 14–15 % і 22–30 %. На досушування такого зерна середньостиглої групи до базисної кондиції (14 %) потрібно на кожен відсоток вологості витратити від 1,9 до 4,1 л рідкого пального на 1 т зерна [2], що не завжди враховують у виробництві при виборі гібридного насіння. За даним Базалія В.В. зі співавторами досягнене у 2010 році заростання врожайності на 37 % супроводжувалось чотириразовим збільшенням виробничих видатків [3], зменшення яких може бути забезпечене за рахунок впровадження більш ранніх гібридів з меншою збиральною вологістю зерна. Феномен гетерозису довів свої переваги близько ста років тому [4], однак масове впровадження гетерозисних гібридів кукурудзи, як і будь-якої іншої сільськогосподарської культури, має сенс тоді, і тільки тоді, коли додаткові видатки на гібридне насіння гарантовано окупаються вартістю додаткового врожаю. Загальновідомо, що найбільш поширеним способом зниження видатків при виробництві гетерозисного гібридного насіння кукурудзи є використання механізмів цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС) як одного з найбільш вивчених варіантів генетичної системи контрольованого розмноження (ГСКР) [5]. Для спрощення контролю гібридності насіння використовують генетичні маркери забарвлення зернівки кукурудзи, а вивчення їх впливу у різних ГСКР є актуальним.

Методика дослідження. Дослідження гетерозисних гібридів кукурудзи проводили на дослідних ділянках Уманського національного університету садівництва (УНУС) (Черкаська обл.) і на Брилівській дослідній станції (БДС) (Херсонська обл.). Обліки і спостереження проводили за методикою державного сортовипробування [6], та інтенсивної технології вирощування

зернових культур [7, 8]. Облікова площа ділянок складала 5 м² при шестиразовій повторності. Розміщення варіантів здійснювалося методом рендомізованих ділянок. Статистичний аналіз проводили за Р. Фішером (Fisher, 2006) з перевіркою гіпотез на рівні значущості не менше 0,05 [9]. Розрахунки виконували за спеціальними програмами для персонального комп'ютера "STAT" та MS "Excel".

У досліді вивчали коізогенні аналоги простого гібрида Піонер-Гран 3978 (отриманого при схрещуванні стерильного материнського компонента ПЗСа2а2 з генетичним маркером *a2* (*Antocianinless – 2*), який в гомозиготному стані визначає відсутність антоціанового забарвлення в алейроні, і батьківського компонента П5СВСІСІ з генами відновлення фертильності і маркером *СІ* (*Dominant colorles*), який пригнічує прояв пурпурного або червоного забарвлення); ПЗМалал×П5МВалал (материнська форма в гібридній комбінації молдавського типу стерильності з генетичним маркером *a1* (*Antocianinless – 1*), який визначає відсутність антоціанового забарвлення в алейроні, і знаходиться в обох батьківських компонентах гібриду); ПЗзМАСР×П5МВР-RR (материнський компонент — фертильний закріплювач стерильності молдавського типу з генетичними маркерами *АСР*, які в гомозиготному стані визначають наявність антоціанового забарвлення алейрону, батьківська лінія — з генами відновлення фертильності має маркер *Р-RR*, який викликає червоне забарвлення перикарпу) та аналоги трилінійного гібрида Гран-6 (у насінництві якого використовується материнський компонент парагвайського типу стерильності, і батьківський — з генами відновлення фертильності і генетичним маркером *a1*); П7зСалал×П26СВалал (гібридна комбінація з материнською лінією — фертильний закріплювач парагвайського типу стерильності з генетичним маркером *a1*, який знаходиться в обох батьківських компонентах); П7зСАСР×П26СВСІСІ (гібридна форма з тією ж материнською лінією і маркерами *АСР*, а батьківська лінія — з генами відновлення фертильності має маркер *СІ*).

Результати досліджень. За час проведення досліджень виявили, що врожайність, вологість зерна під час збирання і маса 1000 насінин залежали від умов вирощування більше, ніж від генотипу гібридів (табл. 1). При цьому всі досліджувані коізогенні аналоги за врожайністю істотно переважали контроль в обох пунктах проведення досліджень.

1. Врожайність, вологість зерна під час збирання і маса 1000 зерен коізогенних аналогів в умовах УНУС і БДС

Гібридна комбінація	Урожайність, ц/га		Збиральна вологість зерна, %		Маса 1000 зерен, г	
	УНУС	БДС	УНУС	БДС	УНУС	БДС
	УНУС		БДС			
ПЗСа2а2×П5СВСІСІ(контроль)	46	71	23	12	224	243
ПЗМалал×П5МВалал	55	86	26	14	226	256
ПЗзМАСR×П5МВР-RR	66	82	24	12	217	249
П7С×П26СВалал (контроль)	55	73	26	13	227	268
П7зСалал×П26СВалал	73	76	25	14	253	261
П7зСАСR×П26СВСІСІ	79	84	24	13	244	264
НІР _{0,95}	2,9		1,11		16,0	

Найбільшу врожайність в умовах УНУС забезпечили коізогенні аналоги гібридів Піонер-Гран 3978 та Гран-6 з генетичними маркерами АСR, які суттєво перевищили контроль на 20 ц/га у аналога ПЗзМАСR×П5МВР-RR і 24 ц/га у гібридної форми П7зСАСR×П26СВСІСІ. За даними отриманими на БДС істотну перевагу мали аналоги: ПЗМалал×П5МВалал на 15 ц/га і П7зСАСR×П26СВСІСІ на 11 ц/га.

Аналізуючи дані вологості зерна під час збирання можемо вказати, що суттєве її збільшення від 2 до 3 % спостерігалось в обох зонах проведення досліджень у коізогенного аналога простого гібрида з генетичним маркером а1 в обох батьківських компонентах ПЗМалал×П5МВалал. За даними

вирощування коізогенних аналогів трилінійного гібрида істотне зменшення вологості на 2 % до контролю мала гібридна комбінація П7зСАСR×П26СВСІСІ в умовах УНУС.

Одним із складових елементів продуктивності є маса 1000 зерен. Як свідчать дані, маса у коізогенних аналогів гібрида Піонер-Гран 3978 була на рівні контролю як в умовах УНУС так і на БДС. Маса 1000 зерен у коізогенних аналогів гібрида Гран-6 в умовах УНУС мала істотне збільшення на 17 г у аналога П7зСАСR×П26СВСІСІ і 26 г – П7зСalal×П26СBalal, тоді як за даними БДС спостерігалась не суттєве її зменшення у цих же коізогенних аналогів.

Основними складовими елементами продуктивності кукурудзи, які впливають на формування урожайності є морфометричні ознаки: довжина і діаметр качана, кількість рядів зерен і кількість зерен у ряду. У наших дослідженнях коізогенні аналоги простого гібрида істотно перевищили показник довжини качана контролю в обох пунктах вирощування (табл. 2). Та найбільша довжина качана була у генотипів з маркерами АСR 16,9 і 14,9 см, відповідно в умовах УНУС і на БДС, що може свідчити про їх більшу продуктивність. При вирощуванні коізогенних аналогів трилінійного гібрида і було зафіксовано найбільшу довжину качана 16,6 см у аналога П7зСАСR×П26СВСІСІ та 17,3 см у гібридної форми П7зСalal×П26СBalal в умовах БДС. За даними УНУС довжина качана аналогів була в межах контролю.

Діаметр качана – найбільш важливий елемент продуктивності гібридів. Разом з показником діаметр стрижня може мати значення для визначення швидкості дозрівання. Суттєвим збільшенням діаметра качана відзначались коізогенний аналог гібрида Піонер-Гран 3978 П3Мalal×П5МBalal і всі досліджувані аналоги гібрида Гран-6 в обох зонах вирощування. При цьому спостерігалось істотне зменшення діаметра стрижня у коізогенного аналога гібрида Піонер-Гран 3978 П3зМАСR×П5МВР-RR, тоді як у аналогів гібрида Гран-6 в умовах БДС мали достовірне його збільшення.

2. Елементи структури продуктивності коізогенних аналогів в умовах УНУС і БДС

Гібридна комбінація	Довжина качана, см		Діаметр, см				Кількість, шт			
			качана		стрижня		рядів зерен		зерен в ряду	
	УНУС	БДС	УНУС	БДС	УНУС	БДС	УНУС	БДС	УНУС	БДС
ПЗСа2а2× П5СВСІСІ (контроль)	15,5	11,5	4,1	3,7	2,2	2,0	15,2	16,3	35,2	27,7
ПЗМалal× П5МВalal	16,4	13,9	4,3	3,8	2,3	2,0	17,2	14,9	37,1	32,1
ПЗзМАСR× П5МВР-RR	16,9	14,9	4,0	3,9	2,0	2,1	14,9	15,7	39,8	36,6
П7С× П26СВalal (контроль)	17,9	15,8	3,8	3,6	2,0	1,8	12,3	12,8	38,9	36,3
П7зСalal× П26СВalal	17,7	17,3	4,1	3,9	2,1	2,1	13,7	13,5	38,6	39,8
П7зСАСR× П26СВСІСІ	18,1	16,6	4,1	4,1	2,1	2,1	13,5	13,4	40,1	37,6
НІР _{0,95}	0,7		0,1		0,1		0,6		1,8	

За кількістю рядів зерен спостерігалось істотне збільшення ознаки у аналога простого гібрида з генетичним маркером al у обох батьківських компонентах в умовах УНУС із середнім показником 17,2 шт, а також істотне зменшення ознаки у цього ж аналога в умовах БДС – 14,9 шт. Обидва коізогенні аналоги трилінійного гібрида забезпечили істотне збільшення рядів 13,5 та 13,7 шт в умовах УНУС, і лише гібридна форма з генетичним маркером al в умовах БДС мала середнє значення 13,5, що також має достовірне збільшення за цією ознакою.

За кількістю зерен на качані всі досліджувані аналоги мали істотне збільшення показника до контролю, окрім аналога гібрида Гран-6, який мав тенденцію до зменшення ознаки до 38,6 шт на качані в межах даних контрольного варіанту.

Аналізуючи отримані дані ми можемо вказати, що найбільші показники довжини качана і кількості зерен у ряду в умовах УНУС і БДС мав аналог простого гібрида з материнською лінією – фертильними закріплювачами стерильності молдавського типу з генетичними маркерами *ACR*. Гібридна комбінація простого гібрида з генетичним маркером *al* у обох батьківських форм мала максимальне значення діаметра качана і кількості зерен в ряду в обох пунктах випробування. При вирощуванні аналогів з генетичними маркерами *al* і *ACR* трилінійного гібрида найбільші показники були за діаметром качана і кількістю рядів зерен як в умовах УНУС та і на БДС.

Висновок. Отримані в наших дослідженнях результати свідчать про можливість використання генетичних маркерів забарвлення зернівки *al* і *ACR* для створення високоякісного гібридного насіння і їх наявність у генотипі не призводить до зниження продуктивності. Виявлено, що введення у генотип гібрида генетичних маркерів *ACR* у материнському компоненті і *P-RR* або *CI* у батьківському компоненті сприяє підвищенню врожайності гібридів. В обох зонах проведення дослідження у коізогенних аналогів простого і трилінійного гібрида використання генетичних маркерів *al* і *ACR* не призводить до погіршення елементів структури, а отже може бути рекомендованим для спрощення контролю гібридності за забарвленням зернівки при виробництві насіння.

В обох зонах проведення дослідження у коізогенних аналогів простого гібрида наявність генетичного маркера *al* сприяє збільшенню показника діаметр качана, а при – генетичних маркерах *ACR* покращується показник довжини качана, а також наявність вище вказаних генетичних маркерів має істотний вплив на кількість зерен в ряду. Встановлено також, що введення у генотип коізогенних аналогів трилінійного гібрида цих же генетичних маркерів забезпечило істотне збільшення показників діаметр качана і кількість рядів зерен.

Література

1. Рибка В.С. Які гібриди кукурудзи вигідніше вирощувати в умовах зони Степу України / В.С. Рибка, Н.О. Ляшенко, В.Ю. Черчель, О.Ю. Шишкіна // *Агроном*. — 2007. — № 4 (18). — С. 50–54.
2. Романенко О.Л. Про що свідчать цифри. Продуктивність і економіко-енергетична ефективність вирощування різних за скоростиглістю гібридів кукурудзи в умовах північної частини Запорізької області / О.Л. Романенко, В.С. Рибка, А.О. Кулик // *Насінництво*. — 2008. — № 4. — С. 18–20.
3. Базалій В.В. Енергетична оцінка технології вирощування гібридів кукурудзи різних груп ФАО на поливних землях півдня України / В.В. Базалій, Ю.О. Лавриненко, М.О. Іванів, С.В. Коковіхін // *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал*. — 2010. — Вип. 71. — С. 8–16.
4. Schnable P.S., Swanson-Wagner R.A. Heterosis // *Handbook of maize: Its biology*. N.Y.: Springer Science+Business Media, 2009. pp. 457–467.
5. Bedinger P.A., Fowler J.E. The maize male gametophyte // *Handbook of maize: Its biology*. N.Y.: Springer Science+Business Media, 2009. pp. 55–77.
6. *Методика державного випробування сільськогосподарських культур* // За ред. В.В. Волкодава. — К. — 2001. — Вип. 2. — 65с.
7. *Інтенсивні технології вирощування зернових культур в Херсонській області / методичні рекомендації* / В.А. Писаренко, Б.І. Лактіонов, І.Т. Нетіс та ін. — Херсон, 1992. — 30с.
8. Чучмій І. П. *Методичні вказівки по виробництву гібридного і сортового насіння кукурудзи в Черкаській області* / І. П. Чучмій. — Черкаси, 1995. — 40 с.
9. Fisher R.A. *Statistical methods for research workers* / Ronald Aylmer Fisher. — New Delhi: Cosmo Publications, 2006. — 354 p.
10. Лавриненко Ю.О. Кореляційні зв'язки динаміки вологості зерна при дозріванні гібридів кукурудзи з морфологічними та господарськими показниками в післяукісних посівах / Ю.О. Лавриненко, П.Н. Лазер, Д.Р. Йокич та ін. // *Таврійський науковий вісник*. — 2004. — Вип. 30. — С. 239–246.

References

1. Rybka V.S., Lyashenko N.O., et al. (2007). What maize hybrids are more profitable to grow in the conditions of Steppe zone of Ukraine. *Agronomist*. 2007. № 4 (18). pp. 50-54 (In Ukrainian).
2. Romanenko A.L., Rybak V.S., et al. (2008). What numbers speak about. Productivity and economic and energy efficiency of growing different ripening maize hybrids in the conditions of the northern part of Zaporizhia region. Seed productivity. 2008. № 4. pp. 18-20 (In Ukrainian).
3. Bazaliy V.V., Lavrynenko Yu.O., et al. (2010) Energy assessment of the technology for growing maize hybrids of different FAO groups on irrigated lands of southern Ukraine. *Tavria Scientific Bulletin*. 2010. Vol. 71. pp. 8-16 (In Ukrainian).
4. Schnable P.S., Swanson-Wagner R.A. (2009) Heterosis // *Handbook of maize: Its biology*. N.Y/: Springer Science+Business Media, 2009. pp. 457–467.
5. Bedinger P.A., Fowler J.E. (2009) The maize male gametophyte // *Handbook of maize: Its biology*. N.Y/: Springer Science+Business Media, 2009. pp. 55–77.
6. *Methodology of the state crops test* // Ed. by V.V.Volkodav. Kyiv. 2001. Vol. 2. 65 p. (In Ukrainian).
7. Pysarenko V.A, Laktionov B.I., Netis I.T. (1992). Intensive technologies of crops growing in Kherson region / guidelines and others. - Kherson, 1992. 30 p. (In Ukrainian).
8. Chuchmiy I.P. (1995). Guidelines for the production of hybrid and market seeds of maize in Cherkassy region. Cherkassy, 1995. 40 p. (In Ukrainian).
9. Fisher R.A. (2006). *Statistical methods for research workers* / Ronald Aylmer Fisher. - New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.
10. Lavrinenko Yu.O., Lazer P.N. et al. (2004). Correlated connections between grain humidity dynamics during the maturation of maize hybrids and morphological and economic indicators in the stubble seeding. *Tavria Scientific Bulletin*. 2004. Vol. 30. pp. 239-246. (In Ukrainian).

Аннотация

Формирование элементов структуры продуктивности кукурузы в зависимости от генотипа гибридов и зоны выращивания.

Макарчук М.А.

Кукуруза в Украине является важной зерновой культурой интенсивного типа, для получения высоких урожаев которой требуется выполнение всех мероприятий, предусмотренных технологическим процессом. Особенно важного стратегического значения она приобретает в засушливые годы, когда под угрозу попадает получение запланированного урожая. Производство кукурузы является перспективным направлением увеличения зерновой продуктивности нашей страны. Решающим фактором при этом должно стать не расширение посевных площадей под кукурузой, а повышение ее продуктивности, и использование генетического потенциала современных гибридов адаптированных к зональным условиям выращивания.

Производство семян кукурузы — трудоемкий процесс, требующий учёта большого количество особенностей культивирования, соответствующих зональным условиям региона возделывания. Наиболее распространенным способом уменьшения затрат при производстве семян гетерозисных гибридов кукурузы является использование материнских компонентов с цитоплазматической мужской стерильностью (в последние годы в Украине преимущественно используют гибриды с парагвайским и молдавским типами стерильности). Использование цитоплазматической мужской стерильности относится к одному из вариантов генетических систем контролируемого размножения. При этом для упрощения контроля чистоты гибридности семян могут быть полезными генетические маркеры окраски зерновки.

Для подтверждения эффективности использования в семеноводстве гетерозисных гибридов кукурузы генетических маркеров окраски зерновки, нами были проведены испытания коизогенных аналогов простого гибрида Пионер-Гран 3978 и трехлинейного гибрида Гран-6 в двух пунктах испытания с различными почвенно-климатическими условиями: в Правобережной

Лесостепи на опытном участке Уманского национального университета садоводства (УНУС) и в Южной Степи на Брылевской опытной станции (БОС).

Получение в наших исследованиях результаты свидетельствуют о возможности использования генетических маркеров окраски зерновки $a1$ и ACR для производства высококачественных гибридных семян и не приводит к снижению продуктивности. Выявлено, что внедрение у генотип гибрида генетических маркеров ACR в материнском компоненте и $P-RR$ или CI в родительском компоненте способствует повышению урожайности гибридов. В обеих зонах проведения исследований у коизогенных аналогов простого и трилинейного гибрида использование генетических маркеров $a1$ и ACR не приводит к ухудшению элементов структуры, а также может быть рекомендованным для упрощения контроля гибридности окраски зерновки при производстве семян.

В обеих зонах проведения исследования у коизогенных аналогов при наличии генетического маркера $a1$ приводит к увеличению показателя диаметра початка, а при наличии – генетических маркеров ACR улучшается показатель длины початка, а также наличие маркеров $a1$ и ACR имеет существенное влияние на количество зерен в ряду. Определено, что у коизогенных аналогов трилинейного гибрида при наличии генетических маркеров $a1$ и ACR обеспечивают увеличение показателей диаметр початка и количество рядов зерен.

Ключевые слова: *гибрид, коизогенный аналог, генетический маркер, молдавский и парагвайский типы стерильности, закрепитель стерильности.*

Annotation

Formation of elements of the maize yield structure depending on the hybrids genotypes and growing areas

Makarchuk M.O.

In Ukraine maize is an important intensive type cereal crop and needs all technological processes employment for getting high yields. It acquires particularly acute strategic significance in dry years when getting the planned harvest is under the threat. Maize production is a promising direction of increasing grain productivity of our country. Herewith, a decisive factor should be not an expansion of maize acreage but increasing its producing capacity and using the genetic potential of modern hybrids adapted to zonal growing conditions.

Maize seed production is a time-consuming process which requires considering a large number of cultivation features which correspond zonal conditions of the region. The most common way to reduce costs in the production of heterosis hybrid maize seed is the use of parent components with cytoplasmic male sterility (recently in Ukraine the C- and M-type sterility are the most common). The use of cytoplasmic male sterility belongs to one of the variants of the genetic systems of the controlled reproduction. Thus, genetic markers of grain colouring, can be useful to make the control of seeds hybridity purity easier.

To prove the efficiency of using in seed production the heterosis maize hybrids genetic markers of colouring grains, we have tested coisogenic analogues of a simple hybrid Pioneer-Grand 3978 and trilinear hybrid Grand-6 in two points of testing with different soil and climatic conditions: in the Right-Bank Forest-Steppe at the experimental area of Uman National University of Horticulture (UNUH) and Southern Steppe at Brylivka Research Station (BRS).

*The results obtained from our researches showed the possibility of using genetic markers of grains colouring *a1* and ACR for forming high quality hybrid seeds and do not result in reducing its productivity. It was found that the introduction of hybrid genotype genetic markers ACR into maternal components and P-RR or CI into parental components contributes to higher yields of hybrids. It was established that the presence of simple trilinear hybrid of the genetic markers *a1* and ACR does not lead to a deterioration of the structural elements in both areas of research. It was revealed that these genotypes (with markers *a1* and ACR) can be used to simplify the control of hybridity in color grains while production of seeds.*

It was found that the presence of a genetic marker a1 in the coisogenic analogue of the simple hybrid increases the rate of the cob diameter in both areas of research, and at the genetic markers ACR the index of the length of the cob is improved in terms of UNUH. The presence of the above mentioned genetic markers has a significant impact on the number of grains in a row in terms of UNUH and BRS. It was determined that the significant increase in the cob diameter and number of rows of beans is characteristic to coisogenic analogues of the trilinear hybrid with the same genetic markers.

Key words: *hybrid, coisogenic analogue, genetic marker, M- and P-type of sterility, fertility fixe.*