

## УРОЖАЙНІСТЬ І АДАПТИВНА ЗДАТНІСТЬ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ У РІЗНИХ ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ

**М.О. Макарчук, здобувач**

**Уманський національний університет садівництва**

*Наведено урожайність коізогенних аналогів гібрида Піонер-Гран 3978 при наявності у їх генотипах генетичних маркерів забарвлення зернівки a1 і a2. Показано можливість використання маркерів для спрощення контролювання гібридності насіння, без зменшення їх врожайного потенціалу. Представлено результати вивчення адаптивної здатності аналогів в умовах Центрального Лісостепу і Південного Степу України.*

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

**Постановка проблеми.** Кукурудза є важливою зерною і кормовою культурою, яка вирощується як в Україні, так і далеко за її межами. Вона є цінною сировиною для харчової, переробної та медичної промисловостей. Останнім часом вона набуває значення і промислового характеру для виробництва біоетанолу [1].

За рахунок своєї високої посухостійкості кукурудза являється страховою культурою серед ярих і озимих зернових. Генетичний потенціал її гібридів є найважливішим фактором реалізації ознак і властивостей, які закладено в моделі високоврожайного гібриду [2]. Він визначається стійкістю генотипу до ураження хворобами та пошкодження шкідниками, а також до коливань погодних умов вирощування [3]. Проте, недостатня адаптивність генотипів багатьох високо інтенсивних гібридів призводить до нестабільності їхньої врожайності в умовах глобального потепління клімату [4]. При цьому, використання високоякісного посівного матеріалу адаптованого до специфічних погодних умов може забезпечити отримання прибавки врожаю від 10 до 50 %. Проте, ще до початку ХХІ століття даного ефекту досягали за рахунок загушення посіві. Тому проблема вдосконалення виробництва гетерозисного гібридного насіння кукурудзи зі стабільною урожайністю і швидкою віддачею вологи та стійкістю до різних стресових умов навколишнього середовища наразі залишається актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За різкої зміни кліматичних умов (потепління у продовж останніх півтора сторіччя відбулося в середньому на 0,3-0,6°C) спектр гібридів має бути для господарства досить широким, тобто він вимагає наявності зразків інтенсивного типу — які дають можливість отримувати максимальний врожай на зрошуваних землях; середньопластичного типу — одержання середнього стабільного врожаю при коливаннях погодних умов за вирощування; високопластичного типу —

гарантовано забезпечують одержання врожаю при несприятливих ґрунтово-кліматичних умовах вирощування (в тому числі на не зрошуваних землях) [5].

Однак, для впровадження у виробництво нових високопродуктивних гібридів кукурудзи необхідно провести ідентифікацію генотипів за адаптаційними показниками в конкретних умовах подальшого їх вирощування із найбільш повним використанням біокліматичних ресурсів регіону спираючись на реальну, а не на потенційну врожайність [6, 7].

**Мета дослідження** – з'ясувати прояв врожайного потенціалу і адаптивної здатності гібридного насіння кукурудзи отриманого за використання генетичних маркерів забарвлення зернівки у різних генетичних системах контрольованого розмноження для умов Центрального Лісостепу і Південного Степу України.

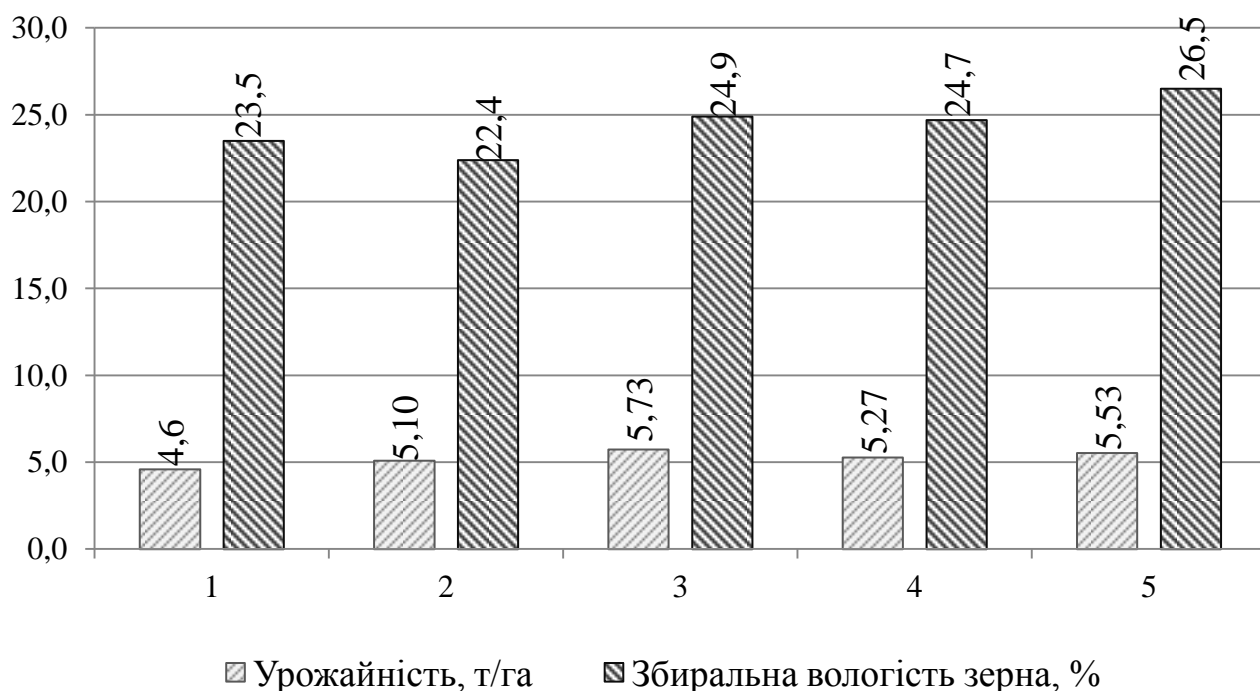
**Методи і матеріали дослідження.** Випробовування гібридів проводили за методикою Державного сорто випробування та інтенсивної технології вирощування зернових культур у двох пунктах з різними ґрунтово-кліматичними умовами – в Уманському національному університеті садівництва (УНУС), розташованому в зоні Центрального Лісостепу, і на Брилівській дослідній станції (БДС) – у Південному Степу України [8, 9]. Статистичний аналіз проводили за Р. Фішером (Fisher, 2006) з перевіркою гіпотез на рівні значущості не менше 0,05 [10]. Розрахунки виконували за спеціальними програмами для персонального комп'ютера "STAT" та MS"Exel". У наших дослідженнях для визначення параметрів загальної адаптивної здатності (ЗАЗ), варіанси специфічної адаптивної здатності (САЗ) і селекційної цінності генотипів використовували методику запропоновану А. В. Кільчевським і Л. В. Хотильовою [11, 12].

У варіантах досліду вивчали коізогенні аналоги простого гібрида Піонер-Гран 3978 (отриманого під час схрещування стерильного материнського компонента ПЗСа2а2 з генетичним маркером *a2* (*Antocianinless-2*), який в гомозиготному стані визначає відсутність антоціанового забарвлення в алейроні і батьківського компонента П5СВСІСІз генами відновлення фертильності та маркером *СІ* (*Dominantcolorles*), що пригнічує прояв пурпурового або червоного забарвлення). Вивчалися аналоги при наявності у їх материнських лініях генетичного маркера *a2*: ПЗСа2а2 (фертильний закріплювач парагвайського типу стерильності); – ПЗзМа2а2 (фертильний закріплювач молдавського типу стерильності) – ПЗМа2а2 (ця ж лінія стерильного типу), які запилювалися пилком тієї ж батьківської форми, що і в контрольному варіанті. Також гібридна комбінація ПЗМала1×П5МВала1 молдавського типу стерильності з генетичним маркером *a1* (*Antocianinless-1*), який визначає відсутність антоціанового забарвлення в алейроні, і знаходиться в обох батьківських компонентах гібриду.

**Результати досліджень.** Значне коливання погодних умов протягом років дослідження неоднаково вплинуло на врожайність насіння коізогенних

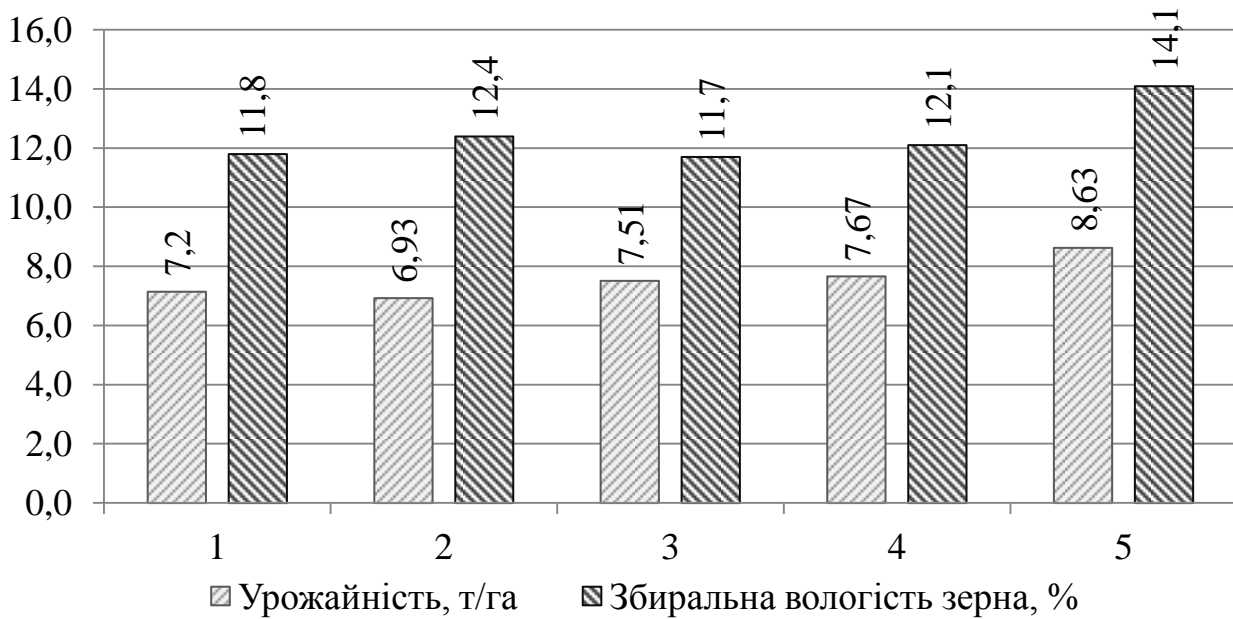
аналогів гібрида Піонер-Гран 3978. Аналізуючи дані врожайності аналогів, можемо відмітити значнішу залежність їх врожаю від біокліматичних умов зони вирощування, ніж від генотипу.

Порівняння даних урожайності в умовах Правобережного Лісостепу (УНУС) вказує, що всі досліджувані коізогенні аналоги, отримані за різних ГСКР (генетичних систем контрольованого розмноження) і при наявності у їх материнському компоненті генетичних маркерів забарвлення зернівки, не знижували врожайності. Найбільшу прибавку врожаю забезпечила гібридна форма ПЗMa2a2×П5СВСІСІ відповідно 1,13 т/га, дещо меншу — мала гібридна комбінація ПЗMa1a1×П5МВа1a1 – 0,93 т/га (рис. 1). Вцілому всі досліджувані гібридні комбінації мали збиральну вологість зерна більшу, ніж у контрольованого варіанта. Однак суттєве збільшення вологості зерна на 3,0 % спостерігалось у гібридній комбінації при наявності у обох батьківських компонентах генетичного маркера *a1*. Такий рівень вологості збільшує витрати на досушування зерна до базового значення і призводить до підвищення собівартості продукції.



**Рис. 1. Врожайність та вологість зерна під час збирання коізогенних аналогів в умовах Правобережного Лісостепу: 1 – ПЗCa2a2×П5СВСІСІ (контроль – Піонер-Гран 3978); 2 – ПЗзCa2a2×П5СВСІСІ; 3 – ПЗMa2a2×П5СВСІСІ; 4 – ПЗзMa2a2×П5СВСІСІ; 5 – ПЗMa1a1×П5МВа1a1**

При вирощуванні коізогенних аналогів в умовах Південного Степу можна відмітити істотне збільшення врожаю на 0,52 і 1,48 т/га до контролю (рис. 2). Остання з вказаних гібридна комбінація серед аналогів характеризувалась істотним збільшенням збиральної вологості зерна на 2,3 %, проте не перевищувала стандартної вологості для даної культури.



**Рис. 2. Врожайність та вологість зерна під час збирання коізогенних аналогів в умовах Південного Степу: 1 – ПЗСа2а2×П5СВСІСІ (контроль – Піонер-Гран 3978); 2 – ПЗзСа2а2×П5СВСІСІ; 3 – ПЗМа2а2×П5СВСІСІ; 4 – ПЗзМа2а2×П5СВСІСІ; 5 – ПЗМа1а1×П5МВа1а1**

Нестача вологи й високі температури повітря в найважливіші періоди росту й розвитку культури дають можливість оцінити генетичний потенціал, закладений у моделі вирощуваних гібридів. Ця їхня властивість вказує на ймовірність отримання стабільних врожаїв.

Комплексна оцінка за основними параметрами адаптивної здатності та стабільності генотипів на основі даних урожайності проводилася в коізогенних аналогів гібрида Піонер-Гран 3978 за різних умов вирощування. За методикою Кильчевського і Хотильової характеристику гібридів здійснювали на основі використання показників: загальна адаптивна здатність (ЗАЗ) – дає можливість відібрати гібриди, які забезпечують отримання високої продуктивності і стабільності; відносна стабільність генотипу (Sgi) – вказує на величину стабільності прояву ознаки, варіанса специфічної адаптивної здатності (САЗ) свідчить про реакцію (стійкість) генотипів на зміну умов вирощування; коефіцієнт регресії (bi) – визначає реакцію гібридів на коливання клімату зони. Для відбору зразків за продуктивністю у поєднанні зі стійкістю до стресових умов вирощування використовували показник селекційної цінності генотипу (СЦГ).

Аналіз даних вказує, що найвищий ефект загальної адаптивної здатності (0,28 т/га) в умовах Правобережного Лісостепу (УНУС) мала гібридна комбінація ПЗМа2а2×П5СВСІСІ з середньою врожайністю 5,73 т/га (табл. 1). Найнижчу врожайність, а також від’ємний ефект ЗАЗ мав контрольний гібрид. За варіансою САЗ одна з комбінацій ПЗзСа2а2×П5СВСІСІ не мала відхилень, що свідчить про відсутність реакції генотипу на зміну умов вирощування. Стабільність прояву САЗ у даної комбінації підтверджується показником відносної стабільності генотипу.

**1. Параметри адаптивної здатності та стабільності коізогенних аналогів гібрида Піонер-Гран 3978 в умовах Центрального Лісостепу, 2007-2008 рр.**

Гібридна комбінація	Ефект ЗАЗ	Варіанса САЗ	Відносна стабільність (Sgi)	Коефіцієнт регресії (bi)	СЦГ
ПЗCa2a2×П5СВCICI	- 0,84	0,21	9,92	1,80	0,67
ПЗзCa2a2×П5СВCICI	- 0,35	0,00	0,00	0,02	5,10
ПЗMa2a2×П5СВCICI	0,28	0,53	12,73	2,85	-0,55
ПЗзMa2a2×П5СВCICI	- 0,18	0,64	15,22	3,13	-1,64
ПЗMa1a1×П5МВa1a1	0,08	0,19	7,95	1,76	1,74

Необхідно відмітити, що навіть при високій врожайності у деяких коізогенних аналогів стабільність генотипу була меншою, а тому для кращого всебічного вивчення реакції аналогів на умови вирощування необхідно розглядати і інші важливі показники адаптивної здатності.

Досліджуючи гібриди на продуктивність та стабільність, ми відмічали лише найприспособаніші форми у певних умовах вирощування. Для встановлення реакції гібридів на коливання клімату зони вирощування використовували коефіцієнт регресії. Поєднання якого з показником варіансу дає можливість оцінити гібриди за продуктивністю і адаптивним потенціалом. У наших дослідженнях до інтенсивного типу віднесено всі коізогенні аналоги, окрім, гібридної форми ПЗзCa2a2×П5СВCICI, яка належить до групи високопластичних гібридів. Однак необхідно вказати, що за показником СЦГ остання з вказаних форм мала найбільше значення (5,10).

Для умов Південного Степу лімітуючими факторами вирощування кукурудзи є кількість опадів і температура повітря. Так, у наших дослідженнях високим значенням ефекту ЗАЗ (0,86 %) характеризувалась гібридна комбінація ПЗMa1a1×П5МВa1a1 із середньою врожайністю 8,63 т/га (табл. 2).

**2. Параметри адаптивної здатності та стабільності коізогенних аналогів гібрида Піонер-Гран 3978 в умовах Південного Степу**

Гібридна комбінація	Ефект ЗАЗ	Варіанса САЗ	Відносна стабільність (Sgi)	Коефіцієнт регресії (bi)	СЦГ
ПЗCa2a2×П5СВCICI	-0,62	1,37	16,39	1,27	2,20
ПЗзCa2a2×П5СВCICI	-0,84	0,35	8,49	0,65	4,45
ПЗMa2a2×П5СВCICI	-0,26	0,66	10,84	0,89	4,07
ПЗзMa2a2×П5СВCICI	-0,10	0,00	0,23	-0,16	7,60
ПЗMa1a1×П5МВa1a1	0,86	2,55	18,51	1,73	1,88

Та лише коізогенний аналог ПЗзMa2a2×П5СВCICI мав нульове значення варіанси САЗ, що свідчить про відсутність реакції генотипу на стресові умови. Ця ж гібридна форма серед аналогів мала і найвищу його стабільність.

При розподілі даної групи досліджуваних гібридів за врожайністю і адаптивним потенціалом визначено, що до високопластичного типу відноситься аналог ПЗМ $al1$ ×П5МВ $al1$ , тоді як інших досліджуваних форми віднесено до гібридів інтенсивного типу.

**Висновки.** Результати проведених досліджень дають підстави використовувати різні ГСКР з генетичними маркерами  $a1$  і  $a2$ , що контролюють забарвлення насіння, без побоювань щодо зменшення їх продуктивності.

Встановлено, що аналог на фертильній основі з генами закріплювача парагвайського типу стерильності з генетичним маркером  $a2$  гарантовано забезпечить одержання врожаю при несприятливих ґрунтово-кліматичних умовах вирощування, тоді як гібридна форма молдавського типу стерильності при наявності у обох батьківських компонентах генетичного маркера  $a1$  значніше реагує на зміну умов вирощування.

### Література

1. Дзюбецький Б. В. Залежність валового збору крохмалю від групи стиглості гібридів кукурудзи / Б. В. Дзюбецький, М. М. Федько, Л. А. Ільченко, В. І. Чабан // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Вип. 92 – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – С. 91–97.
2. Заїка С. П. Селекція скоростиглих гібридів кукурудзи на високу зернову продуктивність та адаптивність / Заїка С. П., Перевертун Л. І. // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2002. – Вип. 48. – С. 30–34.
3. Литвиненко М. А. Селекційне вдосконалення зернових культур // Вісник аграрної науки. – № 12. – 2006. – С. 30–32.
4. Олешко О. Г. Адаптивна характеристика гібридів кукурудзи створених за учасю лінії ДК 633//266-112 // Бюлетень Інституту зернового господарства. – 2003. – № 21–22. – С. 65–69.
5. Лимар А. О. Теплові і енергетичні ресурси півдня України та їх ефективне використання / А. О. Лимар, В. А. Лимар, Л. В. Андрійченко // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Вип. 90 – Херсон: Грінь Д.С., 2015. – С. 61–69.
6. Супрунов А. И. Селекционная ценность раннеспелых гибридов кукурузы по результатам экологических испытаний // Кукуруза и сорго. – № 4. – 2006. – С. 10–11.
7. Орлянский Н. А. Селекция кукурузы на адаптивность и загущение посевов / Орлянский Н. А., Орлянская Н. А., Зубко Д. Г. Кукуруза и сорго. – 2005. – №5. – С. 2–4.
8. Методика державного випробування сільськогосподарських культур / Під. ред. В. В. Волкодава. – К. – 2001. – Вип. 2. – 65 с.
9. Інтенсивні технології вирощування зернових культур в Херсонській області: методичні рекомендації / В. А. Писаренко, Б. І. Лактіонов, І. Т. Нетіс [та ін.] – Херсон, 1992. – 30 с.
10. Fisher R. A. Statistical methods for research workers / Ronald A. Fisher/

— New Delhi: Cosmo Publications. – 354 p.

11. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. I. Обоснование метода // Генетика. – 1985. – Т. XXI. – № 9. С. 1481–1490.

12. Кильчевский А. В. Генотип и среда в селекции растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Мн.: Наука и техника, – С. 1491 – 1498.

### References

1. Dzyubetskiy B.V, M.M. Fedko et al. (2015). The dependence of the total yield of starch on the group of maize hybrids maturity. *Tavrian Research Bulletin: Scientific Journal*, 2015, no. 92, pp. 4-19. (in Ukrainian).

2. Zaika S.P. (2002). Selection of early maturing maize hybrids for high grain productivity and adaptability. *Scientific Bulletin of National Agrarian University*, 2002, no. 48, pp. 30-34. (in Ukrainian).

3. Litvinenko M. A. (2006). Breeding improvement of grain crops. *Bulletin of agricultural science*, 2006, no. 12, pp. 30-32. (in Ukrainian).

4. Oleshko O.G. (2003). Adaptive characteristics of maize hybrids created involving DK 633//266-112 line. *Bulletin of the Institute of Grain Farming*. – 2003, no. 21-22, pp. 65-69. (in Ukrainian).

5. Lyamar A.O., Lyamar V.A. et al. (2015). The thermal and energy resources of the South of Ukraine and their effective usage. *Tavrian Research Bulletin: Scientific Journal*, 2015, no. 90, pp. 61-69. – Accessed at <http://www.ksau.kherson.ua/files/thp90.pdf> (in Ukrainian).

6. Suprunov A.I. (2006). Breeding value of early maturing maize hybrids according to the results of environmental testing. *Maize and sorghum*, 2006, no. 4, pp.10-11. (in Russian).

7. Orlyanskiy N.A., Orlyanskaya N.A. (2005). Breeding maize for adaptability and thickening of crops. *Maize and sorghum*, 2005, no. 5, pp. 2-4. (in Russian).

8. Volkodav. V. V. (2001). *The method of state trials of crops*. K., 2005. 65 p. (in Ukrainian).

9. Pysarenko V. A., Laktionov B. I., Netis I. T. (1992). *Intensive technologies of crops cultivation in the Kherson region*, Kiev, Ukraine, 1992. no 2, 30 p. (in Ukrainian).

10. Fisher R. A., Ronald A. *Statistical methods for research workers*. NewDelhi: CosmoPublications, 354 p.

11. Kilchevskiy A.V., Hotylioiva L.V. Method of assessing adaptive capacity and stability of genotypes, diferenciating ability of the environment. I. Justification of the method. *Genetics*, 1985, no. 9, pp. 1481-1490. Kilchevskiy A.V., Hotylioiva L.V. Method of assessing adaptive capacity and stability of genotypes, diferenciating ability of the environment. II. Numerical example and discussion, *Genetics*, 1985, no. 9, pp. 1491-1498 (in Russian).

12. Kilchevskiy A.V., Hotylioiva L.V.(1989). *Genotype and environment in plant breeding*. Mn.: Science and technology, 1989. 191 p. (in Russian).

Одержано 14. 03 .2016

## Аннотация

**Макарчук М. А.**

### **Урожайность и адаптивная способность гибридов кукурузы в различных почвенно-климатических условиях**

Кукуруза — одна из ценных зерновых и кормовых культур в Украине. За счет высокой устойчивости к высоким температурам она является страховой среди яровых и озимых зерновых. Генетический потенциал ее гибридов выступает одним из главных факторов реализации признаков и свойств, которые заложены в модели высокоурожайного гибрида. Он определяется устойчивостью генотипа к поражению болезнями и повреждению вредителями, а также к изменениям погодных условий среды выращивания. Однако, недостаточная адаптированность генотипов многих высокоинтенсивных гибридов кукурузы приводит к нестабильности их урожайности в условиях глобального потепления климата. При этом использование высококачественного посевного материала адаптированного к специфическим погодным условиям может обеспечивать получение прибавки урожая от 10 до 50 %. Однако, еще в начале XXI века, данный эффект достигали за счет загущения посевов. По-этому, проблема производства гетерозисных гибридных семян кукурузы со стабильной урожайностью, быстрой потерей влаги и устойчивостью к разным стрессовым условиям окружающей среды является актуальной.

В результате резкого изменения климатических условий (потепления за последние полтора века в среднем на 0,3-0,6°C) спектр гибридов для хозяйств должен быть достаточно широким. Должны быть гибриды интенсивного типа — дающие возможность получать максимальный урожай на орошаемых землях; среднепластического типа — обеспечивающие получение среднего стабильного урожая при изменениях погодных условий выращивания; высокопластического типа — гарантированно обеспечивающие получения урожая при неблагоприятных почвенно-климатических условиях выращивания (также и на не орошаемых землях).

Однако, для внедрения в производство новых высокопродуктивных гибридов кукурузы, необходимо произвести идентификацию генотипов за адаптационными показателями в конкретных условиях их выращивания при полном использовании биоклиматических ресурсов региона опираясь на реальную, а не на потенциальную урожайность.

Для подтверждения эффективности использования в семеноводстве гетерозисных гибридов кукурузы генетических маркеров окраски зерновки, сцепленных с генами мужской стерильности, нами были проведены испытания коизогенных аналогов простого гибрида Пионер-Гран 3978 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 Брилёвской опытной станции (БОС).

Значительное изменение погодных условий в период проведения исследований неодинаково влияло на урожайность коизогенных аналогов гибрида Пионер-Гран 3978. Анализируя данные урожайности аналогов, можем отметить более значительную зависимость их урожайности от биоклиматических условий зоны выращивания, чем от их генотипа.

Результаты проведенных исследований дают возможность использовать разные ГСКР и генетические маркеры  $a1$  и  $a2$ , которые контролируют окрашивание семян, без уменьшения их урожайности.

Доказано, что аналоги на фертильной основе с генами закрепителями парагвайского типа стерильности и генетическим маркером  $a2$  гарантированно обеспечивают получение урожайности при неблагоприятных почвенно-климатических условиях выращивания, тогда как гибридная форма молдавского типа стерильности, при



наличии у обоих отцовских компонентах генетического маркера *a1*, намного больше реагирует на изменение условий выращивания.

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

### **Annotation**

**Makarchuk M.A.**

#### ***Productivity and adaptive capacity of maize hybrids under different soil-climatic conditions***

*Maize is an important grain and forage crop that is grown in Ukraine and far beyond its borders. Due to its high drought resistance, maize is a stable crop among spring and winter crops. The genetic potential of its hybrids is a crucial factor in the realization of characteristics and properties that are inherent to the model of a high-yielding hybrid. It is determined by the genotype resistance to diseases and pest damage, as well as to fluctuations in weather conditions of the cultivation. However, the lack of adaptability of genotypes of many high intense hybrids leads to instability of their yields in terms of global warming. Thus, the use of high quality planting material adapted to specific weather conditions can provide a yield increase from 10 to 50 %. However, at the beginning of the XXI century this effect was achieved due to thickening crops. Therefore, the problem of improving production of heterotic hybrid corn seeds with a stable productivity and fast moisture loss and resistance to stressful environmental conditions at the present time is relevant.*

*As a result of a sudden change to climatic conditions (warming during the past one and a half century occurred on average 0.3-0.6°C), the range of hybrids for the economy should be quite wide. In other words, it requires samples of intensive type which give the opportunity to obtain the maximum yield on irrigated lands; samples of a medium post-yield type receiving medium stable yield under changeable weather conditions of cultivation; samples of highly post-yield type. It guarantees obtaining high yields under adverse soil and climatic conditions of the cultivation (including not irrigated lands).*

*However, it is necessary to identify genotypes according to adaptation indicators under specific conditions of their further cultivation with the complete use of bioclimatic resources of the region based on actual and not the potential yield for implementing new high-yielding corn hybrids into production.*

*Coisogenic analogues of the hybrid Pioneer-Grand 3978 with the presence of genotypes of the maternal components of genetic markers *a1* and *a2* are studied. The possibility of using these markers for maize seed selection, without fears concerning reducing the yield potential of hybrid seeds is proved. The results of studying the adaptive capacity of analogues under the conditions of Right-Bank Forest-Steppe (on the experimental field of Uman National University of Horticulture) and southern Steppe (Briliov Experimental Station) are presented.*

*Significant fluctuations in weather conditions during the years of experiments differently affected the seed yield of coisogenic analogues of the hybrid Pioneer-Grand 3978. Analyzing the data of the analogues yields, we can note the significant dependence of their yields on the bioclimatic conditions in the area of cultivation rather than the genotype.*

*The results of these studies give reason to use different ГСРК with the genetic markers *a1* and *a2* which control the coloration of seeds without concern of decreasing productivity.*

*It is found that analogues on the fertile basis with genes fixing agents of the C-type of sterility with the genetic marker *a2* will provide the guaranteed yield under adverse soil and climatic growing conditions, whereas the hybrid form of the M-type of sterility in the presence of both parental components of the genetic marker *a1* more significantly responds to changing growing conditions.*

**Key words:** hybrid, coisogenic analogue, genetic marker, M- and P-types of sterility, fertility fixing agent, variation coefficient.

## PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES AND QUALITY INDICATOR OF CORN

**N. M. Osokina, Doctor of Agricultural Sciences**  
**K. V. Kostetska, Ph.D. in Agriculture Sciences**  
**O.P. Gerasymchuk, Ph.D. in Agriculture Sciences**  
**Y.V. Yevchuk, Ph.D. in Engineering Sciences**  
**Uman National University of Horticulture**

*Придатність зерна для промисловості характеризується якістю його як сировини для переробки. Зерно кукурудзи гібридів ДКС 4685×1390 і ПР39Б58 має виражені особливості роду та сорту, відповідає вимогам за зовнішніми геометричними показниками, об'ємом, площею зовнішньої поверхні, сферичністю, питомою і об'ємною масою, об'ємом поверхневих шарів зернівки та масовою часткою крохмальної частини ендосперму, що свідчить про його придатність для переробки.*

**Ключові слова:** зерно, кукурудза, сорт, фізико-механічні показники, якість.

**Setting of the problem.** Indicators of properties of grain can be divided into two groups: properties peculiar to grain of the crop, as well as properties that vary within the same crop. The technical process of grain processing should be improved towards obtaining maximum endosperm, increasing product yield of highest grades and improving their quality [1–5].

Eligibility of grain for industry is characterized by its quality as a raw material for recycling.

**Analysis of recent studies and publications.** Corn is one of the most common crop plants in the world that surely dominated by the gross harvest of grain. In recent years significantly increased rate of harvesting, storage and export of corn, as well as requirements for quality. Corn is used as a universal culture [2, 5–7].

For grain, as a raw material for processing, its biometric characteristics, size and uniformity of grain mass have the main technological importance [1, 6].

The shape and linear grain size influence the choice of sieves or separators as well as the characteristics of shelling machines. In addition, the geometric characteristics of the grain determines its density when forming the layer and peculiarities of moving grain while transportation. Different from the average, values of grain shape affect the porosity, the angle of repose and the angle of friction. The larger geometric size of grain is, the greater the angle of slope is, which has a positive effect on gravity feed of grains during transportation by gravity pipes. Because of the complexity of the processes, many cereal mills are characterized by a significant extent of processing grain products, which reaches a few kilometres of machines and different mechanisms for average powered plants [6, 8–10].