

ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ВМІСТУ ОЛІЇ В ЗЕРНІ ВОСКОВИДНОЇ КУКУРУДЗИ

С. М. Тимчук¹, Н. В. Ларінцева¹, В. В. Поздняков¹, В. М. Тимчук¹,
О. В'Анциферова¹, Г. С. Потапенко², Ю. В. Харченко³, Л. Я. Харченко³

¹Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН

²Харківський національний педагогічний університет ім. Г.С. Сковороди

³Устимівська дослідна станція рослинництва

Встановлено, що вміст олії в зерні восковидної кукурудзи має кількісну природу і вирізняється досить широкою мінливістю. Основним типом успадкування цієї ознаки є неповне домінування із суттєвим внеском до дисперсії адитивних ефектів. Виділено інбредні лінії восковидної кукурудзи з високими і стабільними ефектами комбінаційної здатності за вмістом олії в зерні.

Кукурудза, мутант wx, вміст олії, зерно, генетичний аналіз

Вступ. Кукурудзяний крохмаль є широко використовуваним видом рослинної біосировини і однією з його найбільш перспективних форм є крохмаль восковидної кукурудзи (носіїв моногенної ендоспермової мутації *wx*) [1, 2].

Відомо, що мутантний ген *wx* інгибує активність гранулозв'язаної крохмаль – синтази і викликає утворення крохмалів, які майже повністю складаються з амілопектину [3, 4]. Крохмалі такого типу вирізняються дуже цінними технологічними властивостями і, зокрема, низькими температурами початку та закінчення клейстеризації, високою в'язкістю та стабільністю клейстерів, їх стійкістю до ретроградації і підвищеною атакованістю амілолітичними ферментами [5, 6].

Однак при створенні промислових джерел крохмалів амілопектинового типу слід враховувати, що при виділенні крохмалю із зерна кукурудзи виникає можливість отримання і інших цінних со-продуктів промислової переробки, основним з яких є олія [7]. Тому важливим показником якості зерна гібридів восковидної кукурудзи є не тільки вміст та якість крохмалю, але й вміст олії.

Внаслідок проведених досліджень встановлено не тільки можливості селекційно – генетичного підвищення вмісту олії в зерні кукурудзи, але й

розроблено найбільш результативні методи вирішення цієї проблеми [8]. Показано, зокрема, що необхідною умовою підвищення вмісту олії в зерні кукурудзи є встановлення систем та механізмів його генетичної регуляції і визначення характеру успадкування гібридами [9].

Однак, незважаючи на проведені на цей час дослідження, характер генетичної регуляції та успадкування вмісту олії саме у восковидної кукурудзи не встановлено. Це і склало передумови для виконання наших досліджень.

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень був генетичний аналіз вмісту олії в зерні восковидної кукурудзи в системі регулярних схрещувань неспоріднених за походженням ліній - носіїв мутації *wx*.

Конкретні завдання досліджень передбачали:

- встановлення ефекту мутації *wx* за вмістом олії в зерні у ліній та гібридів кукурудзи;

- аналіз характеру успадкування вмісту олії в зерні і генетичних компонентів дисперсії за цією ознакою у носіїв мутації *wx*;

- визначення ефектів комбінаційної здатності ліній кукурудзи – носіїв мутації *wx* за вмістом олії в зерні і виділення кращих ліній для подальшого використання в селекції.

Матеріал і методика досліджень. Матеріалом для досліджень послуговували шість неспоріднених за походженням інбредних ліній кукурудзи - носіїв мутації *wx* і серія простих гібридів, отриманих внаслідок схрещувань цих ліній за другим методом Гріфінга [10]. Контролями в експерименті послуговували лінія кукурудзи традиційного типу Р-346 і гібрид традиційного типу ВІР-44 х Т-22.

Лінії і гібриди кукурудзи вирощували в 2009 році на Устимівській дослідній станції рослинництва, яка розташована в Глобинському районі Полтавської області і належить до зони Південного Лісостепу України та в Державному підприємстві «Дослідне господарство Елітне», яке розташоване в Харківському районі Харківської області і належить до зони Східного Лісостепу України.

Польові досліди проводили згідно загальноприйнятої методики польового експерименту [11] з урахуванням зональних особливостей вирощування кукурудзи. Для біохімічного аналізу викостовували матеріал виключно від контрольованого запилення. Контроль аельного стану локусу *wx* здійснювали за фенотипом зерна [12].

Визначення вмісту олії в зерні здійснювали гравіметричним методом С. В. Рушковського [13].

Статистичну обробку отриманих результатів проводили методами дисперсійного та діалельного аналізу з використанням алгоритму Хеймана [14, 15].

Результати та їх обговорення. Отримані результати показали, що за середнім вмістом олії ліній та гібриди – носії мутації *wx* переважають контролі традиційного типу (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Мінливість вмісту олії в зерні ліній кукурудзи – носіїв мутації *wx*,
результати випробувань в двох екологічних зонах, 2009 р.

Тип лінії	Екологічна зона			
	Південний Лісостеп		Східний Лісостеп	
	мін.-макс.	середня гру- пова ($\bar{x} \pm s_x$)	мін.- макс.	середня гру- пова ($\bar{x} \pm s_x$)
Традиційний	-	4,5	-	4,7
Носії мутації <i>wx</i>	4,6 – 6,2	5,2 ± 0,6	4,7 – 6,4	5,3 ± 0,6
НІР _{0,95}	0,2	0,1	0,2	0,1

Таблиця 2

Мінливість вмісту олії в зерні гібридів кукурудзи – носіїв мутації *wx*,
результати випробувань в двох екологічних зонах, 2009 р.

Тип гібриду	Екологічна зона			
	Південний Лісостеп		Східний Лісостеп	
	мін.-макс.	середня гру- пова ($\bar{x} \pm s_x$)	мін.- макс.	середня гру- пова ($\bar{x} \pm s_x$)
Традиційний	-	4,5	-	4,6
Носії мутації <i>wx</i>	4,7 – 5,6	5,1 ± 0,1	4,8 – 5,5	5,1 ± 0,1
НІР _{0,95}	0,2	0,1	0,2	0,1

Однак це не дає підстав для висновку про ефект підвищення вмісту олії в зерні саме мутацією *wx*, бо при створенні деяких ліній восковидної кукурудзи використовувався високоолійний вихідний матеріал.

Отримані результати свідчать також, що відмінності за вмістом олії в зерні ліній та гібридів, що вирощувалися в зонах Південного та Східного Лісостепу України, знаходяться на рівні помилки експерименту і основні відмінності за цією ознакою між різними формами восковидної кукурудзи було детерміновано генотиповими факторами. Гібриди восковидної кукурудзи дещо поступалися лініям за олійністю зерна, причому і у ліній і у гібридів вміст олії в зерні мав явно кількісну природу і варіював у досить широких межах.

Результати дисперсійного аналізу свідчать про наявність суттєвих відмінностей між різними лініями – носіями мутації *wx* за ефектами комбінаційної здатності за вмістом олії в зерні (табл. 3).

Основний внесок до дисперсії за цією ознакою належить ефектам загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ).

Встановлено відмінності між різними лініями восковидної кукурудзи за ефектами комбінаційної здатності за вмістом олії в зерні (табл. 4)

Таблиця 3

Результати дисперсійного аналізу комбінаційної здатності ліній кукурудзи-носіїв мутації *ix* за вмістом олії в зерні, середнє за результатами випробувань ліній та гібридів діалельної схеми схрещувань в двох екологічних зонах, 2009 р.

Джерела дисперсії	Критерій $F_{0,95}$ розрахунковий	Критерій $F_{0,95}$ табличний
Варіанти	37,16	1,75
Ефекти ЗКЗ	110,62	2,37
Ефекти СКЗ	12,68	1,84

Найвищі ефекти ЗКЗ за цією ознакою в досліджах проявила лінія ВК-19. Варіанси специфічної комбінаційної здатності (СКЗ) за вмістом олії у всіх проаналізованих ліній були дуже низькими, однак і в цьому випадку найбільш широка варіанса СКЗ була властива лінії ВК-19. Взагалі, результати оцінки донорських властивостей різних ліній восковидної кукурудзи за вмістом олії свідчать, що серед проаналізованих ліній ці властивості в найбільшій мірі виражено саме у лінії ВК-19.

Таблиця 4

Комбінаційна здатність ліній кукурудзи – носіїв мутації *ix* і генетичні компоненти дисперсії за вмістом олії в зерні, середнє за результатами випробувань ліній та гібридів діалельної схеми схрещувань в двох екологічних зонах, 2009 р.

Лінії	Середній вміст олії в зерні, %	Ефекти ЗКЗ	Варіанси СКЗ	Частка домінантних і рецесивних алелів
ВК-36	4,8	-0,11	0,00	0,15
ВК-69	4,7	-0,21	0,00	0,17
ВК-19	6,3	0,39	0,06	-0,23
ВК-11	5,2	-0,06	0,03	0,49
ВК-13	5,4	0,08	0,01	0,37
ВК-64	5,1	-0,08	0,04	0,52
НІР _{0,95}	0,1	0,06		
Н1/D		0,53		
a		0,05		
b		0,86		

Оцінка генетичних компонентів дисперсії показала, що основним типом успадкування вмісту олії в зерні восковидної кукурудзи є неповне домінування з суттєвим внеском до дисперсії адитивних ефектів. Проаналізовані в досліджах лінії були дуже відмінні між собою за частками домінантних і рецесивних алелів, що контролюють олійність зерна, причому лінія з найбільш високим вмістом олії вирізнялася і найбільш високою часткою саме рецесивних алелів.

Результати проведених на цей час досліджень свідчать, що ендоспермові мутації кукурудзи викликають суттєвий ефект за вмістом олії [16] і найбільш вірогідною причиною цього є просторове зчеплення ендоспермових локусів з локусами, що контролюють вміст олії в зерні. Поряд з цим відомо, що локуси, які контролюють крупність зародку і вміст в ньому олії не знаходяться саме в дев'ятій хромосомі, де локалізовано локус *ix* [17]. Тому системи генетичної регуляції фракційного складу крохмалю у восковидної кукурудзи і вмісту олії в її зерні, вірогідніше всього, незалежні.

Загалом, отримані в наших дослідках результати свідчать, що переважний внесок генотипових факторів до дисперсії за вмістом олії в зерні і тип її генетичної регуляції у восковидної кукурудзи створюють сприятливі можливості для селекційно – генетичного поліпшення ознаки і поєднання високої якості крохмалю з високим вмістом олії. І хоча в наших дослідках вивчалася досить обмежена за обсягом вибірка гібридів, принаймні три з них (ВК-36 х ВК-19, ВК-69 х ВК-19 та ВК-19 х ВК-13) мали вміст олії в зерні 5,4-5,5 % і переважали в цьому відношенні зерновий контроль на 17,4- 19,6 %.

Висновки. Встановлено, що вміст олії в зерні восковидної кукурудзи має кількісну природу і вирізняється досить широкою мінливістю. Основним типом успадкування цієї ознаки є неповне домінування із суттєвим внеском до дисперсії адитивних ефектів. Виділено інбредні лінії восковидної кукурудзи з високими і стабільними ефектами комбінаційної здатності за вмістом олії в зерні.

Список використаних джерел

1. *Андреев Н. Р.* Основы производства нативных крахмалов (научные аспекты) / Н. Р. Андреев.-М.: Пищепромиздат, 2001.- 289 с.
2. *Starch chemistry and technology*, 3rd ed./ J. Be Miller, R. Whistler Eds.- Amsterdam – Boston – Heidelberg – London - New York – Oxford – Paris – San – Diego – San Francisco – Singapore : Acad. Press, Elsevier Publ., 2009 - 900 p.
3. *Nelson O. E.* Starch synthesis in maize endosperm/ O. E. Nelson, D. Pan// *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* – 1995. – V. 46. – P. 475-496.
4. Genetic diversity and selection in the maize starch pathway / [S. R. Whitt, L. M. Wilson, M. I. Tenailon et al.] // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2002. – V. 99. – P. 12959-12962.
5. Amylolysis of maize mutant starches / [C. Gerard, P. Colonna, A. Buleon, V. Planchot] // *J. Sci. Food. Agr.* – 2001. – V. 81. – P. 1281-1287.
6. *White P.* Properties of corn starch/ P. White // *Specialty corns*, 2nd ed.; A.R.Hallauer Ed. - Boca Raton - London - New York - Washington, D.C.: CRC Press, 2001. - P. 41-70.
7. *Watson S. A.* Corn marketing, processing, and utilization / S. A. Watson // *Corn and Corn improvement*, 3rd ed., G. F. Sprague, J. W. Dudley Eds. – Madison, WI : American Society of Agronomy, 1988. – P. 881-940.

8. *Lambert R. J.* High-oil corn hybrids/ R. J. Lambert// Specialty corns, 2nd ed.; A. R. Hallauer Ed. - Boca Raton - London - New York - Washington, D.C.: CRC Press, 2001. - P. 138-161.
9. *Grote K. E.* Genetic basis of maize whole kernel, embryo, and endosperm oil/ K. E. Grote/ Graduate theses. - Iowa State University.- 2011.- 112 p.
10. *Турбин Н. В.* Диаллельный анализ в селекции растений / Н. В. Турбин, Л. В. Хотылева, Л. А. Тарутина.-Минск:Наука и техника,1974- 179с.
11. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта/ Б. А. Доспехов.- М.: Агропромиздат, 1985.-351с.
12. *Neuffer M. G.* Mutants of maize / M. G. Neuffer, E. H. Coe, S. R. Wessler. – Cold Spring Harbor, NY : Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1997. – 468 p.
13. Методы биохимического исследования растений/ под ред. А. И. Ермакова. – Л. :Агропромиздат, 1987. – 430 с.
14. *Лакин Г. Ф.* Биометрия / Г. Ф. Лакин.–М:Высшая школа,1973.–343 с.
15. *Литун П. П.* Генетика количественных признаков: генетические скрещивания и генетический анализ / П. П. Литун, Н. В. Проскурнин.- К.: УМ-ВО, 1992.- 96 с.
16. *Flora L. F.* Effect of various endosperm mutants on oil content and fatty acid composition of whole kernel corn (*Zea mays* L.) / L. F. Flora , R. C. Willey // J. Amer. Soc. Hortic. Sci.- 1972. - V.97. - P. 604 - 607.
17. *Plewa M. J.* The use of monosomics to detect genes conditioning lipid content in *Zea mays* L. embryos / M. J. Plewa, D. F. Weber // Canad. J. Genet. Cytol.- 1973.-V.15.- P.313-320