

УДК 633.15:631.527

## ОЦІНКА ГЕТЕРОЗИГОТНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ТА ЇХ ВИХІДНИХ ЛІНІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ SNP-АНАЛІЗУ

К. В. Деркач

Т. М. Сатарова, доктор біологічних наук

Б. В. Дзюбецький, доктор сільськогосподарських наук

В. Ю. Черчель, кандидат сільськогосподарських наук

ДУ Інститут зернових культур НААН України

За результатами SNP-аналізу встановлено рівень гетерозиготності п'яти простих гібридів кукурудзи та десяти їх вихідних ліній. Встановлено, що гетерозиготність досліджених гібридів склала 39,944,0 %, а ліній – 0,31,7 %

**Ключові слова:** SNP-аналіз, кукурудза, гетерозиготність, гомозиготність, лінія, гібрид

Створення високопродуктивних гібридів кукурудзи ґрунтується на явищі гетерозису, основною умовою якого є формування гетерозиготного стану організму. Гетерозиготність властива всім гібридним організмам, широко поширена у природних популяціях і полягає в тому, що гомологічні хромосоми несуть різні форми (алелі) того чи іншого гена. Гомозиготність – явище, яке характеризується тим, що гомологічні хромосоми мають одну і ту ж форму даного гена. Зазвичай лінії вважаються гомозиготними, а гібриди мають той чи інший ступінь гетерозиготності.

Метою роботи була оцінка гетерозиготності гібридів кукурудзи та їх вихідних ліній за результатами SNP-аналізу.

Матеріалом для дослідження слугували десять ліній кукурудзи (*Zea mays* L.) та п'ять простих гібридів, створених за їх участю.

SNP-генотипування ліній кукурудзи проводили шляхом аналізу одонуклеотидного поліморфізму за 384 SNP-маркерами з використанням GoldenGate-тесту та системи зчитування результатів Illumina VeraCode [Fan, 2006, *illumina*® [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.illumina.com>] на базі фірми BioDiagnostics, Inc. (США). В роботі використана розроблена фірмою BioDiagnostics, Inc. (США) на основі Illumina VeraCodeBead Plate панель BDI-III з 384 SNP-маркерами, які є біалельними, розташовані на всіх 10 хромосомах кукурудзи та мають ранг конструктивності >0,6 при можливому діапазоні 01. Ранг конструктивності >0,6 забез-

печує ефективне використання SNP-маркерів в GoldenGate-тестуванні.

Гетерозиготність розраховували як процентне співвідношення кількості SNP-сайтів, які мають гетерозиготний алельний стан, до загальної кількості проаналізованих SNP-сайтів. Гомозиготність розраховували як процентне співвідношення кількості SNP-сайтів, які мають гомозиготний алельний стан, до загальної кількості проаналізованих SNP-сайтів. Генетичні SNP-дистанції між двома лініями визначали як відношення кількості SNP-маркерів, алельний стан яких відмінний у двох ліній, до загальної кількості проаналізованих маркерів. Результати в таблиці представлені у вигляді  $x \pm \Delta$ , де  $x$  – середнє арифметичне,  $\Delta$  – довірчий інтервал, розрахований як  $\Delta = mt$ , де  $m$  – похибка середнього арифметичного,  $t_{0,05}$  – коефіцієнт Ст'юдента за рівня значущості 0,05.

Як видно з таблиці, гетерозиготний стан SNP-маркерів був характерний у різній мірі як дослідженим гібридам, так і лініям кукурудзи. Гетерозиготність гібридів коливалася у межах 39,944,0 % і була у рази вищою, ніж у ліній – 0,31,7 %. Серед досліджених гібридів найбільшою гетерозиготністю характеризувався гібрид ДКВ3151МхДКВ3451, найменшою – ДК772МхДК680МВ. Гомозиготність досліджених гібридів склала, відповідно, 56,060,1 %.

Найбільшою гетерозиготністю серед ліній відзначалася лінія ДКВ3151М; достовірно не відрізнялася від нуля гетерозиготність у п'яти з десяти ліній (ДК744М, ДК721, ДК772М, МС2380 та ДК680МВ). Тобто всі досліджені лінії характеризувалися високим рівнем гомозиготності на рівні 98,399,7 %.

Розраховані генетичні дистанції між батьківськими для гібридів лініями знаходилися в діапазоні 0,42930,4918, що вказує на високе генотипове різноманіття вихідного матеріалу для гібридів.

### 1. Гетерозиготність гібридів кукурудзи та їх батьківських компонентів за алельним станом SNP-маркерів

Гібрид		Батьківські лінії				
Педігрі	Гетерозиготність, %	Лінія	Гетерозиготність, %	Лінія	Гетерозиготність, %	Генетичні дистанції між батьківськими лініями
ДК744Мх ДК2323МВ	41,3 ± 5,2	ДК744М	1,1 ± 1,1	ДК2323МВ	1,4 ± 1,2	0,4402
ДК721х ДК239МВ	41,5 ± 5,2	ДК721	1,1 ± 1,1	ДК239МВ	3,0 ± 1,8	0,4457
ДКВ3151МхДКВ3451	44,0 ± 5,3	ДКВ3151М	1,7 ± 1,3	ДКВ3451	1,6 ± 1,3	0,4918
ДК772Мх ДК680МВ	39,9 ± 5,2	ДК772М	0,8 ± 1,0	ДК680МВ	1,1 ± 1,1	0,4293
ДК772х МС2380	40,5 ± 5,2	ДК772	1,4 ± 1,3	МС2380	0,3 ± 0,6	0,4484

Таким чином, проведено SNP-аналіз десяти батьківських ліній кукурудзи та п'яти гібридів, створених за їх участю, та встановлено, що гомозиготність досліджених ліній склала 98,399,7 %, а гетерозиготність простих гібридів, для яких вони слугували батьківськими формами, була на рівні 39,944,0 %.

а гетерозиготність простих гібридів, для яких вони слугували батьківськими формами, була на рівні 39,944,0 %.

УДК: 633.15:631.527:57.014

## ОЦІНКА ВМІСТУ $\beta$ -КАРАТИНУ В ЗЕРНІ САМОЗАПИЛЕНИХ ЛІНІЙ КУКУРУДЗИ КРЕМЕНИСТОГО ТИПУ

Т. А. Дяченко, аспірант

ДУ Інститут зернових культур НААН України

*Охарактеризовано вплив місця та умов вирощування на формування вмісту каротиноїдів (за  $\beta$ -каротином) в зерні перспективних ліній кременистого підвиду кукурудзи. Ідентифіковано лінії ДК204/273, ДК3472, які мають підвищений вміст каротиноїдів і можуть слугувати донорами цієї ознаки*

**Ключові слова:** кукурудза, селекція, самозапилена лінія, каротиноїди,  $\beta$ -каротин, зерно

Кукурудза – це культура універсального призначення, яку вирощують для продовольчого, кормового і технічного використання. У нашій країні кукурудза є найважливішою кормовою культурою, селекції якої надають підвищеної уваги. Насамперед це пов'язано з можливістю регулювання вмісту хімічних речовин в зерні в будь-якому заданому напрямку, в тому числі і стосовнокаротиноїдного комплексу.

Каротиноїди – це сполуки, які є обов'язковим компонентом пігментних систем всіх фотосинтезуючих організмів, в тому числі і кукурудзи (*Zea mays* L.). Вони являють собою клас жиророзчинних антиоксидантів і вітамінних сполук. В рослині представлені жовтими, оранжевими або червоними пігментами, які присутні як у вегетативних (листі, стеблі), так і в генеративних органах.

Близько 50 каротиноїдів містять активний провітамін А (ретинол). В організмі тварин ретинол не синтезується, його основними джерелами є каротиноїди і серед них, головним чином,  $\beta$ -каротин, який в печінці піддається окислювальному розщепленню з утворенням вітаміну А.

Кукурудза – єдина із основних зернових культур, яка здатна накопичувати значну кількість каротиноїдів.

Наші дослідження направлені на визначення концентрації рівня каротиноїдів (за  $\beta$ -каротином) у зерні 6 ліній кукурудзи кременистого підвиду та вивчення особливостей впливу умов вирощування на формування його вмісту.

Визначення вмісту каротиноїдів (за  $\beta$ -каротином) проводили методом диференційної спектрофотометрії, екстрагуючи сполуки хлороформом з розмеленого зерна. Вологість зерна у досліджуваних зразків коливалася від 8,0 до 9,6 %. Вміст каро-

тиноїдів представляли в мг на 1 кг зерна у перерахунку на абсолютно суху речовину (АСР).

Кукурудзу вирощували в спеціальних сівозмінках у селекційних розсадниках ДУ ІЗК НААН України та НВФГ «Компанія Маїс». Так, вегетація рослин у 2014 відбувалась на території ДУ ІЗК НААН України при відносно сприятливих погодних умовах та достатньому вологозабезпеченні. У 2015 р. селекційний матеріал вирощувався на території НВФГ «Компанія Маїс». Агротемпературні умови цього періоду, внаслідок підвищених температур і нестачі вологи, видалися вкрай несприятливими для вегетації та повноцінного формування хімічного складу зерна.

В результаті досліджень було встановлено, що в умовах 2014 року серед групи досліджених ліній показник вмісту каротиноїдів варіював в межах 1,875,21 мг/кг. Максимальні значення були відмічені у зерні ліній ДК204/273 та ДК200 на рівні 5,21 мг/кг та 4,54 мг/кг відповідно. Найменшим вмістом пігментів цієї групи характеризувалось зерно лінії ДК4538 (1,87 мг/кг).

В умовах вирощування 2015 р. коливання значень за ознакою зафіксовано в межах 1,723,13 мг/кг. Найбільш високий рівень вмісту  $\beta$ -каротину відзначено в зерні лінії ДК 204/273 та ДК 3472, відповідно 3,13 мг/кг та 2,95 мг/кг. Відносно високим також був вміст каротиноїдів в зерні ліній С 66206 (2,83 мг/кг) та ДК200 (2,22 мг/кг). Найменшим його значенням відзначилася лінія ДК 9527 (1,72 мг/кг).

При статистичному аналізі даних виявлено, вміст каротиноїдів в зерні (за  $\beta$ -каротином) за роками корелює на рівні  $r \geq 0,5$ , що вказує на

### 1. Порівняльна оцінка вмісту каротиноїдів у зерні ліній

Генотип	Вміст каротиноїдів в перерахунку на АСР ( $x \pm \Delta 0,05$ )		Середнє	Відхилення (+ -)
	2014 р	2015 р		
ДК 200	4,54 $\pm$ 0,13	2,22 $\pm$ 0,11	3,38 $\pm$ 2,27	-2,32
ДК 204/273	5,21 $\pm$ 0,05	3,13 $\pm$ 0,1	4,17 $\pm$ 2,04	-2,08
С 66 206А	3,64 $\pm$ 0,41	2,83 $\pm$ 0,11	3,23 $\pm$ 0,79	-0,81
ДК 9527	4,02 $\pm$ 0,06	1,72 $\pm$ 0,13	2,87 $\pm$ 2,25	-2,30
ДК 3472	4,06 $\pm$ 0,27	2,95 $\pm$ 0,17	3,5 $\pm$ 1,09	-1,11
ДК 4538	1,87 $\pm$ 0,04	2,06 $\pm$ 0,13	1,97 $\pm$ 0,19	0,19