

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время генетическое разнообразие кукурузы значительно меньше, чем было до широкого внедрения гибридов в производство в начале XX века. Это неизбежно влечет за собой возрастание генетической уязвимости вида, представленного в производстве современными линиями и гибридами. Исторически сложилось так, что подавляющее большинство линий первого цикла селекции было заложено фактически на пяти сортах (Iowa Dent, Lancaster Sure Crop, Reid Yellow Dent, Mindszenpuszta и Lacaune) кукурузного пояса США (Анашенков, 2014). В дальнейшем же, при заложении новых линий второго и особенно третьего цикла использовались лучшие гибриды, что значительно унифицировало зародышевую плазму, но этот процесс усугублялся жестким инбридингом и отбором по агрономическим признакам и повышенной комбинационной способности (Щербак, 1984).

Повышение эффективности мероприятий по селекции исходного материала с широкой генетической изменчивостью с целью создания гибридов кукурузы различных групп спелости, максимально адаптированных к условиям их возделывания, остается основной задачей селекции. Поэтому поиск новых эффективных методов расширения генетического полиморфизма исходного селекционного материала актуален.

Исследования по ресинтезу (редиплоидизации) тетраплоидной кукурузы до диплоидной с использованием гаплоиндукторов впервые были предложены Э. Б. Хатефовым и О. А. Шацкой (Хатефов, Шацкая, 2008). Практическое получение первых редиплоидных линий из тетраплоидных популяций было осуществлено методом разложения триплоидных геномов Э. Б. Хатефовым в 2010 г. (Хатефов, Матвеева, 2018, 2019) (рис. 6, приложение). Были получены первые редиплоидные образцы кукурузы из триплоидного гибрида между среднеспелой линией и тетраплоидной популяцией «Синтетик В» из США (рис. 1, приложение).

Изменение числа хромосом в геноме растений в процессе мейотического деления клетки сопровождается многократным переходом из диплоидного в тетраплоидное состояние и обратно. Спонтанные полиплоиды, возникавшие в процессе эволюции, как и анеуплоидные генотипы, формировавшиеся в результате расщепления триплоидных генотипов и их гетероплоидная гибридизация в течение многих тысячелетий, возможно, способствовали возникновению новых видов растений с новыми хромосомными числами. При этом в результате такого «постгеномного шока» в геноме растения происходит срабатывание наследственных механизмов, способствующих накоплению генных, хромосомных и геномных aberrаций, обеспечивающих преодоление инбредной депрессии внутри полиплоидного генома либо мультивалентов отдельных хромосом у анеуплоидов. Эти процессы сопровождаются активным образованием хиазм между гомологичными хромосомами в мейозе полиплоидов. При этом происходит интенсивный обмен между гомологичными участками всех хромосом вовлеченных в поливалентные хромосомные ассоциации (рис. 2, 3, приложение). Хромосомные перестройки подразделяют на сбалансированные

и несбалансированные. Сбалансированные перестройки (инверсии, реципрокные транслокации) не приводят к потере или добавлению генетического материала при формировании, поэтому их носители, как правило, фенотипически нормальны. Несбалансированные перестройки (делеции и дупликации) меняют дозовое соотношение генов, и, как правило, их носительство сопряжено с существенными отклонениями от нормы (Лобашев, 1967).

Известно, что инбредная депрессия генома возрастает пропорционально увеличению плоидности генома, что в свою очередь приводит к росту числа хиазм на каждую поливалентную ассоциацию хромосом (см. рис. 3, приложение). Использование механизма внутригеномных перестроек наследственного материала редиплоидных линий кукурузы, прошедших через «геномный шок» тетраплоидного состояния, способствует большему увеличению генетического полиморфизма исходного селекционного материала, в сравнении с традиционными методами гибридизации и инцухта диплоидных генотипов. Результаты исследований редиплоидных линий в тесткрассах с лучшими родительскими линиями и тестерами производственных гибридов показали их селекционную ценность и высокий уровень гетерозиса во многих комбинациях (Хатефов и др., 2018; Хатефов и др., 2019).

В каталоге приведены результаты изучения 200 линий кукурузы, полученных методом редиплоидизации тетраплоидных популяций кукурузы (Хатефов, Матвеева, 2018) с использованием метода гаплоиндукции в потомстве триплоидных растений (рис. 4–8, приложение). Изучение образцов проводили в соответствии с методическими указаниями ВИР (Шмараев, Матвеева, 1985). Фенотипирование морфологических признаков новых линий проводили в течение двух лет (2017/2018 гг.) на селекционном участке Кабардино-Балкарского Научного Центра РАН. Почвы селекционного участка представлены луговыми черноземами. Содержание гумуса в пахотном слое не превышает 2,64 %, реакция почвенного раствора по всему почвенному профилю средне щелочная ($\text{pH} = 8,1$), со средней емкостью поглощения в пахотном слое (32 мг/экв на 100 г почвы), которая уменьшается постепенно с глубиной. Значения содержания карбонатов в пахотном слое варьируют от среднего (6,7 %) на поверхности до высокого (13,6–14,7 %) на глубине. Обеспеченность почвы подвижным фосфором очень низкая (0,4 мг на 100 г почвы), а обменным калием – очень высокая (8 г/100 г). Климат зоны характеризуется как умеренно жаркий при сумме активных температур 3000–3200°C и умеренном увлажнении (коэффициент увлажнения – 0,5–0,9), гидротермический коэффициент составляет 0,9–1,2. Испытание линий проводили в двукратной повторности. Площадь делянки составила 4,9 м², ширина междурядий 0,7 м, густота стояния 50–60 тыс. растений на 1 га.

Линии редиплоидной кукурузы размножали методом самоопыления по 3–5 початков на делянке, а после созревания початков зерно обрушивали. Результаты оценки отражены в таблицах 1–13. Описание признаков изученных образцов приведено в соответствии с «Международным классификатором СЭВ рода *Zea mays* L.» (Широкий унифицированный..., 1977) и UPOV (The International Union for the Protection of New Varieties of Plants) с корректировками по отдельным признакам.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0662-2019-0006 «Поиск, поддержание жизнеспособности и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития, оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

Список литературы

Анашенков С. С. Создание исходного материала для селекции раннеспелых гибридов кукурузы адаптированных к засушливым условиям юга России: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. Краснодар, 2014. 205 с.

Лобашев М. Е. Генетика. Изд. 2-е. Ленинград: Изд-во Ленинградского университета, 1967. 752 с.

Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность кукурузы (*Zea mays* L.) от 5 октября 1998 г. № 12-06/14 // Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений. Методики испытаний на ООС: [сайт]. URL: <https://gossortrf.ru/metodiki-ispytaniy-na-oos/> (дата обращения: 01.10.2019).

Хатефов Э. Б., Аппаев С. П., Шомахов Б. Р. Селекционная ценность редиплоидных линий, выделенных из тетраплоидных популяций кукурузы // Кукуруза и сорго. 2018. № 1. С. 27–35.

Хатефов Э. Б., Матвеева Г. В. Получение редиплоидных линий кукурузы: методические указания. Санкт-Петербург: ВИР, 2018. 23 с.

Хатефов Э. Б., Матвеева Г. В. Селекционная ценность линий кукурузы, выделенных из тетраплоидных популяций методом редиплоидизации // Генетика – фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции: материалы VIII научно-практической конференции с международным участием, г. Ростов-на-Дону, 26–29 сентября 2019 г. Ростов-на-Дону; Таганрог, 2019. С. 236–237.

Хатефов Э. Б., Шацкая О. А. Применение гаплоиндукторов в гетероплоидных скрещиваниях для расширения разнообразия генетической основы кукурузы // Генетические ресурсы культурных растений в XXI веке: состояние, проблемы, перспективы: тезисы докладов II Вавиловской международной конференции, г. Санкт-Петербург, 26–30 ноября 2007 г. Санкт-Петербург: ВИР, 2007. С. 367–369.

Хатефов Э. Б., Шомахов Б. Р., Кушхова Р. С., Кудаев Р. А., Хаширова З. Т., Гяургиев А. Х. Характеристика редиплоидных линий кукурузы селекции ВИР по комбинационной способности и реакции на ЦМС // Биотехнология и селекция растений. 2019. Т. 2, № 4. С. 15–23. DOI: 10.30901/2658-6266-2019-4-02

Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ видов *Zea mays* L. / отв. ред. В. Г. Кукеков. Ленинград: ВИР, 1977. 80 с.

Шмараев Г. Е., Матвеева Г. В. Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы: методические указания. Ленинград: ВИР, 1985. 49 с.

Щербак В. С. Расширение генетической основы исходного материала в селекции кукурузы // Селекция кукурузы: сборник научных трудов КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко. Краснодар: КНИИСХ, 1984. Вып. 27. С. 104–117.

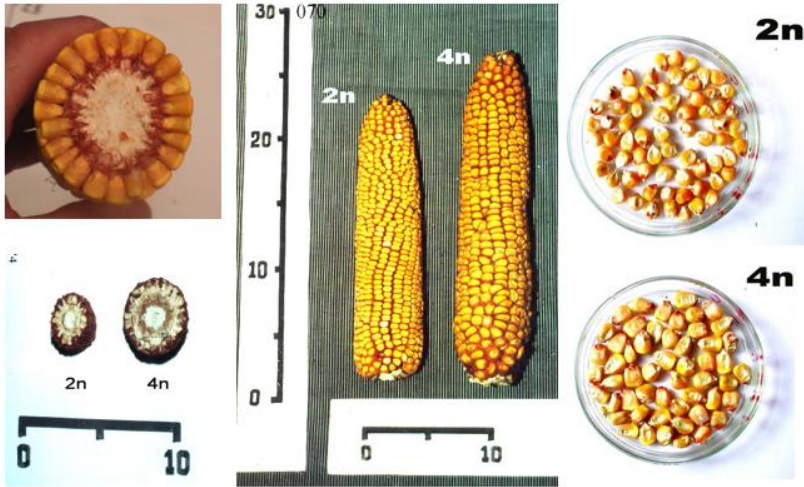


Рис. 1. Початки тетраплоидной (Синтетик В) в сравнении с диплоидной кукурузой

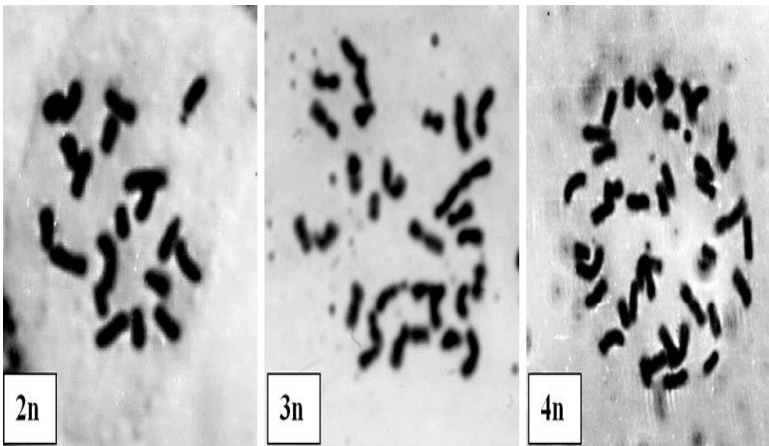


Рис. 2. Метафазные пластинки диплоидной, триплоидной и тетраплоидной кукурузы

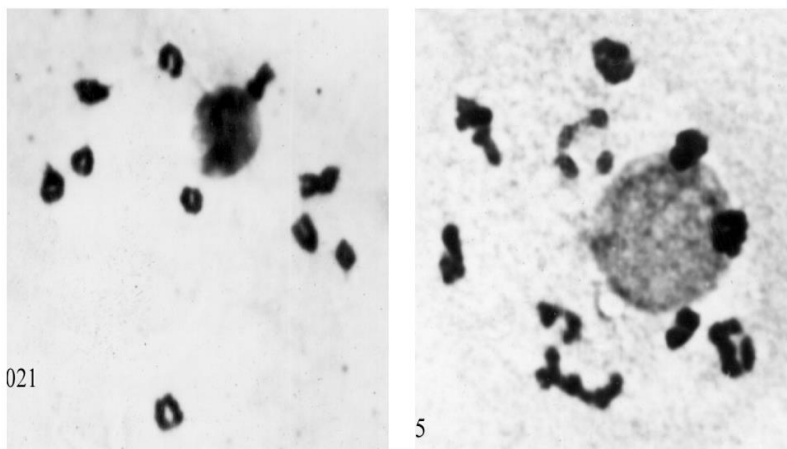


Рис. 3. Бивалентный у диплоидной (слева) и квадриллентный у тетраплоидной кукурузы тип конъюгации хромосом в микроспороцитах



Рис. 4. Початок диплоидной кукурузы с гибридными триплоидными зерновками (слева) и самоопыленный початок триплоидной кукурузы с зерновками разной плоидности (справа)

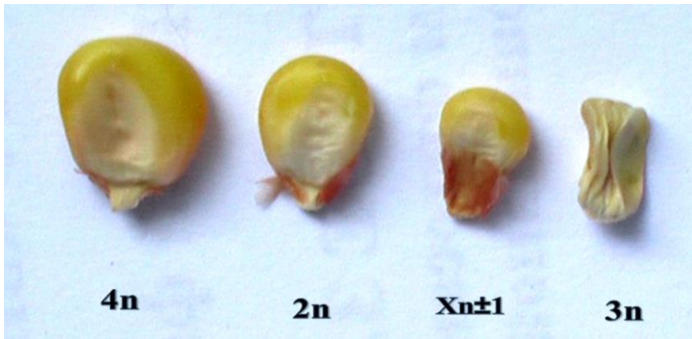


Рис. 5. Фенотип зерновок с разной плоидностью генома, формирующихся на самоопыленном триплоидном початке кукурузы

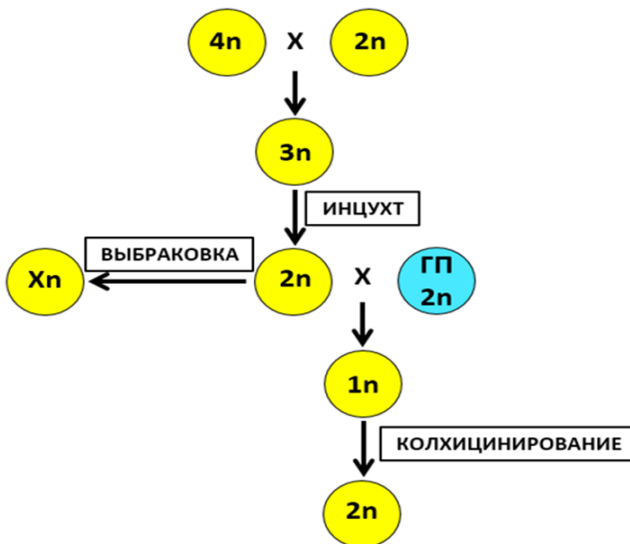


Рис.6. Схема получения редиплоидных линий методом разложения тетраплоидной популяции с последующим выделением дигаплоидных линий путем гибридизации с гаплоиндуктором (ГП)



Рис. 7. Гаплоидные зерновки (отмечено стрелкой), сформировавшиеся на фоне гибридных диплоидных после опыления пылью гаплоиндуктора

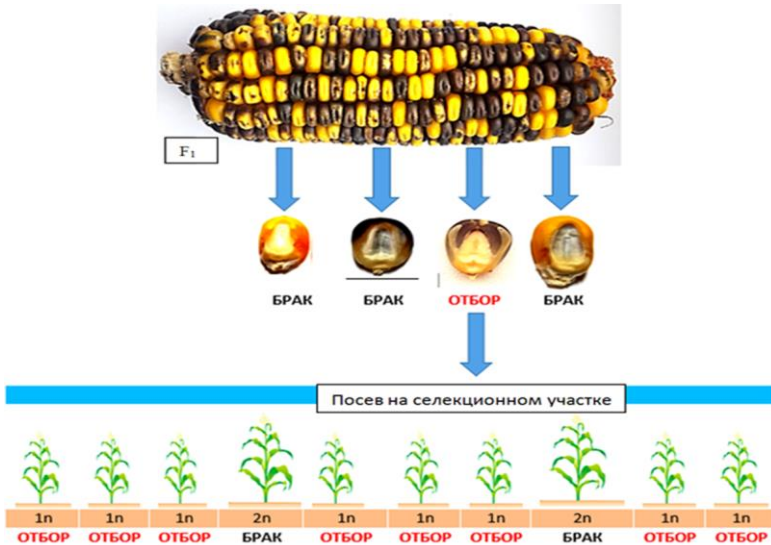


Рис. 8. Схема выделения гаплоидных и браковки гибридных зерновок и растений после гаплоиндукции кукурузы

Содержание

	Стр.
Введение.....	5
Характеристика редиплоидных линий кукурузы по группе спелости, реакции на ЦМС и ОКС.....	7
Характеристика редиплоидных линий кукурузы по высоте растения и расположению листовой пластинки.....	18
Характеристика редиплоидных линий кукурузы по облиственности стебля и початка, длине междоузлий	30
Характеристика редиплоидных линий кукурузы по типу, длине и разветвленности метелки	40
Характеристика редиплоидных линий кукурузы по пыльцеобразующей способности, форме початка и высоте его заложения	51
Характеристика редиплоидных линий кукурузы по семенной плодovitости и длине початка.....	62
Характеристика редиплоидных линий кукурузы по озерненности верхушки початка, числу рядов и зерен в ряду початка	73
Характеристика редиплоидных линий кукурузы по окраске стержня и цветковых чешуй.....	84
Характеристика редиплоидных линий кукурузы по массе и выходу зерна с початка.....	95
Характеристика редиплоидных линий кукурузы по направлению рядов на початке, урожаю зерна с початка и длине ножки початка	106
Характеристика редиплоидных линий кукурузы по весу 1000 зерен и типу зерна.....	117
Характеристика редиплоидных линий кукурузы по окраске зерна.....	128
Характеристика редиплоидных линий кукурузы по поражаемости/устойчивости к пузырчатой головне <i>Ustilago maydis</i>	139
Ранжирование образцов кукурузы, выделившихся по некоторым хозяйственно ценным признакам	150
Список изученных образцов коллекции ВИР	157
Список литературы.....	160
Приложение	161