

УДК 631.527.53:633.15:631.559(571.13)

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Ильин В.С., Логинова А.М., Гетц Г.В.

*Сибирский филиал ФГБНУ Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы,
Омск, e-mail: sibmais@rambler.ru*

Недостаток концентрированных кормов для животноводства ставит задачу по увеличению производства зерна кукурузы с початками восковой спелости, особенно в зонах с коротким вегетационным периодом. Выращивание кукурузы на зерно в условиях Западной Сибири возможно только благодаря внедрению раннеспелых гибридов. Новые гибриды должны быть не только раннеспелыми, но обладать ценными хозяйственными признаками и давать высокий урожай зерна. Родительскими формами для создания раннеспелых гибридов могут быть инбредные линии, выделенные в условиях Сибири. Изучение инбредных линий по основным хозяйственно полезным признакам, особенно по комбинационной способности, более полно раскрывает потенциальные возможности линий, что позволяет более эффективно использовать их в селекционных программах. В Сибирском филиале ВНИИ кукурузы работа по созданию инбредных линий ведется методом инцухта с последующим изучением и отбором ценных генетических источников. Одним из эффективных методов создания раннеспелых линий является отбор на раннее цветение. В статье представлены результаты изучения коллекции инбредных линий, созданных в филиале. В результате изучения выделены раннеспелые и ультра-раннеспелые линии. Приведены результаты морфобиометрического анализа инбредных линий и определено варьирование отдельных признаков. Для определения комбинационной способности линий использовали метод диаллельных скрещиваний, с последующим изучением полученных гибридных комбинаций. Результаты обработки полученных данных позволили выявить существенные различия между комбинациями по эффектам ОКС и вариансам СКС. Из изученных линий выделены генотипы, отличающиеся достоверно высокими эффектами ОКС по урожаю зерна. Для дальнейшей селекционной работы выделены линии – источники ценных признаков.

Ключевые слова: инбредная линия, раннеспелость, початок, всходы, цветение, комбинационная способность, гибридизация

EVALUATION OF THE COLLECTION INBRED MAIZE LINES UNDER THE CONDITIONS OF THE OMSK REGION

Ilin V.S., Loginova A.M., Getz G.V.

Siberian Branch, All-Russian Research Institute of Maize, Omsk, e-mail: sibmais@rambler.ru

The lack of concentrated feed for animal husbandry poses the task of increasing the corn grain production of wax ripeness ears, especially in areas with a short vegetation period. The cultivation of corn for grain in Western Siberia is possible only through the introduction of early maturing hybrids. New hybrids should not only be early ripening, but have valuable economic characteristics and give a high grain yield. Parental forms for the creation of early-maturing hybrids can be inbred lines, bred under Siberia conditions. The study of inbred lines on the main economic-useful traits, especially on combining ability, more fully reveals the potential possibilities of the lines, which makes it possible to use them more effectively in breeding programs. In the Siberian branch of the ARRSI of corn, the work on the creation of inbred lines is conducted by the method of inbreeding with the subsequent study and selection of valuable genetic sources. One of the effective methods for creating early ripening lines is selection for early flowering. The article presents the results of studying the collection of inbred lines created in the branch. Early and ultra-early maturing lines were identified as a result of the study. The results of morphobiometric analysis of inbred lines are given, and the variations of individual features are determined. To determine the combinational capacity of the lines, the method of diallelic crosses with the subsequent study of the received hybrid combinations was used. The processing effect of the obtained data made it possible to reveal significant differences between combinations on the effects of GCA and SCA variances. From the studied lines there were identified genotypes, which are distinguished by reliably high effects of GCA on the grain yield. For further breeding work, there are identified sources lines of valuable features.

Keywords: inbred line, early ripeness, maize cob, sprouts, flowering, combining ability, hybridization

Увеличение производства фуражного зерна кукурузы в значительной степени зависит от создания и внедрения в производство новых более продуктивных гибридов. Особое внимание уделяется созданию раннеспелых гибридов для получения зерна и полноценного корма в северных регионах. Однако создание таких гибридов сдерживается недостаточным количеством раннеспелых и ультра-раннеспелых инбредных

линий. Созданию линий, приспособленных к климатическим условиям Западной Сибири, уделяется особое внимание и одним из эффективных методов является отбор на раннее цветение [1, 2].

Продолжительность вегетационного периода – варьирующий признак, зависящий от биологических особенностей линии и факторов внешней среды. Наибольшей изменчивостью отличается период от

всходов до цветения [3]. Немаловажное значение придается изучению морфологических признаков и биологических свойств инбредных линий и оценке их комбинационной способности. Комбинационная способность – генетически обусловленное свойство, которое наследуется как при самоопылении, так и при скрещивании, при этом основным критерием оценки служит урожай зерна гибридов. Результаты оценки комбинационной способности характеризуют самоопыленную линию как потенциальную родительскую форму при подборе родительских пар для скрещиваний. Это позволяет целенаправленно вести селекционный процесс и способствует получению высокогетерозисных гибридов [4, 5].

В Сибирском филиале ВНИИ кукурузы для создания новых гомозиготных линий используется стандартный метод, который основывается на проведении самоопыления растений кукурузы с одновременным отбором по комплексу хозяйственно полезных признаков. Такая работа проводится в течение 5–7 лет, пока самоопыленная линия не достигнет однородности по морфологическим признакам. После достижения гомозиготности линии присваивается буквенный индекс Ом и далее идет цифровой номер линии. Создание новых самоопыленных линий – это первый этап работы в получении хозяйственно ценных гибридов кукурузы. Второй важнейший этап – оценка линий по комплексу признаков.

Материалы и методы исследования

Научные исследования проведены в Сибирском филиале ВНИИ кукурузы в 2014–2016 гг., в соответствии с методикой постановки и проведения опытов [6]. В селекционном питомнике был заложен опыт по изучению коллекции инбредных линий кукурузы в количестве 20 образцов. В полевых условиях отмечались даты посева, появления всходов (50%), цветения початков (50%). Биометрические измерения включали определение высоты растений и высоты прикрепления початка на 10 растениях каждой линии, поражение пузырчатой головней определялось на естественном фоне путем подсчета пораженных растений. Вегетационный период определяли путем подсчета количества дней от появления 50% всходов до цветения початка 50% растений кукурузы. Урожайность линий изучалась в трехкратной повторности при густоте стояния 55–56 тыс. растений на га, площадь делянки 9,8 м². Комбинационная способность линий

изучалась методом прямых диаллельных скрещиваний (по 10 линий в каждой схеме), с испытанием гибридного потомства по урожаю зерна. Оценку линий по ОКС и СКС проводили по методике В.Г. Вольфа и П.П. Литуна [7]. В лабораторных условиях был проведен анализ початков линий, для определения показателей элементов структуры урожая.

Результаты исследования и их обсуждение

Метеоусловия 2014–2016 гг. были различными, но типичными для зоны с резко континентальным климатом. 2014 г. характеризовался недобором тепла в июле, но теплым августом, при этом отмечен недобор осадков в летние месяцы. Условия 2015 г. были на уровне среднемноголетних значений по теплу и с небольшим превышением по осадкам. Очень благоприятным был 2016 г., наблюдалось превышение среднемноголетних норм по теплу и осадкам.

Продолжительность периода «всходы – цветение початка» наиболее полно характеризует линию по раннеспелости. На этот период вегетации наиболее сильно влияют температурные условия и количество влаги. В опыте были отмечены существенные различия по длине периода «всходы – цветение початка» по годам изучения. В наиболее холодном 2014 г. цветение наступило на 7–9 дней позднее, чем в 2015–2016 гг. По итогам трехлетнего изучения по продолжительности данного периода все линии были разделены на 3 группы спелости. Выделено 7 инбредных линий с очень ранним цветением початка, 10 раннеспелых линий и 3 среднеранних. Следует отметить, что большая часть изученных линий относится к раннеспелой группе (табл. 1).

В среднем за 3 года продолжительность периода «всходы – цветение початка» составила 49–55 дней, отклонение составило ±2,8 дней, 85% линий находится в пределах среднего значения (51,5 дн.) (табл. 2).

Наблюдения за высотой растений инбредных линий также показали, что изменение погодных условий в период наиболее активного роста сказывается на общей высоте растений. Так, в 2014 г. средняя высота растений составила – 160,8 см, в 2015 г. – 165,3 см, и в 2016 г. – 175,3 см. Размах варьирования в среднем за 3 года был в диапазоне 142–188 см. но в целом изменчивость незначительная. Коэффициент вариации ($V = 7,72\%$), стандартное отклонение ±12,3 см. Максимальную высоту

имели линии – Ом 14, Ом 30, Ом 204, Ом 409, минимальную – Ом 28 и Ом 32. Варьирование признака «высота прикрепления початка» было в среднем за годы изучения в пределах средней изменчивости, коэффициент вариации ($V = 16,7\%$), среднее значение – 51,2 см. Менее половины инбредных линий (45%) находится в интервале средних и выше средних значений данного признака. Наибольшие значения отмечены

у линий: Ом 398, Ом 259, Ом 112, Ом 107, Ом 409. По урожаю зерна наблюдалась значительная изменчивость по годам изучения ($V = 22,4\%$). Урожай зерна инбредных линий варьировал от средних наименьших значений в 2014 г. – 2,8 т/га, до наибольших в 2016 – 5,0 т/га. Среднее значение за 3 года – 3,9 т/га. Величина HCP_{095} для сравнения со средним урожаем по опыту составила 0,76 т/га. Выделены линии, у которых отклонение от

Таблица 1

Распределение линий по группам спелости по результатам изучения за 2014–2016 гг.

Группа спелости	Период всходы – цветение початка (дней)	Количество линий	Название линии
Очень ранняя	49–50	7	Ом 196, Ом14, Ом136, Ом30, Ом398, Ом107, Ом110
Раннеспелая	51–54	10	Ом32, Ом259, Ом112, Ом33, Ом109, Ом172, Ом401, Ом26, Ом28, Ом195
Среднеранняя	55–58	3	Ом 409, Ом204, Ом279

Таблица 2

Результаты изучения инбредных линий по хозяйственно полезным признакам за 2014–2016 гг.

Название линии	Период всходы – цветение початка, дней	Урожай зерна при 14% влажности, т/га	Высота		Поражение пузырчатой головней, %
			Растений, см	Прикрепления початков, см	
Ом 196	49	4,82	170	50	0,4
Ом 14	49	4,89	188	47	00
Ом 110	50	2,83	155	34	0,3
Ом 30	50	4,52	185	55	1,4
Ом 107	50	3,51	162	62	1,5
Ом 136	50	4,41	162	46	0,2
Ом 398	50	4,85	171	68	0,7
Ом 172	51	4,78	165	46	1,4
Ом 259	51	3,80	163	47	3,6
Ом 112	51	5,01	171	68	00
Ом 195	51	3,22	163	45	4,1
Ом 109	51	2,91	147	39	0,2
Ом 28	52	2,91	142	42	4,9
Ом 26	52	3,03	161	48	2,5
Ом 32	52	2,94	149	55	2,8
Ом 401	53	3,42	168	55	00
Ом 33	53	5,35	181	58	5,9
Ом 279	55	2,84	170	49	3,4
Ом 204	55	3,81	187	60	2,6
Ом 409	55	4,18	182	70	00
Среднее	51,5	3,90	167,1	51,2	
HCP_{095}		0,76			
V%	5,54	22,4	7,72	16,7	
Ст. отклонение	±2,8	±0,8	±12,3	±10,3	

среднего урожая больше НСР₀₉₅ – Ом 33, Ом 112, Ом 172, Ом 14, Ом 398, Ом 196. Изучение инбредных линий по устойчивости к заболеванию пузырчатой головней показало, что большая часть линий (75%) отно-

сятся к слабопоражаемым. Из 20 изученных линий – 4 не имели поражения за годы изучения, 15 линий показали слабое поражение (от 0,22–4,89%) и 1 линия поражалась в средней степени >5,0%

Таблица 3

Результаты изучения инбредных линий кукурузы по отдельным структурным показателям за 2014–2016 гг.

Название линии	Подвид	Масса початка, г	Длина початка, см	Кол-во рядов зерен на початке, шт.	Кол-во зерен в ряду, шт.	Масса 1000 зерен, г
Ом 196	Кремнист.	98,8	14,2	12–14	23	252
Ом 14	Кремнист.	100,1	14,7	10–12	23	247
Ом 110	Кремнист.	67,5	13,8	12–14	23	177
Ом 30	Кремнист.	105,3	14,3	12–14	23	256
Ом 107	Кремнист.	68,3	12,3	14	25	235
Ом 136	Кремнист.	102,8	14,8	12–14	22	277
Ом 398	Зубовид.	77,4	12,9	12–14	23	199
Ом 172	Кремнист.	102,5	15,5	14–16	19	248
Ом 259	Кремнист.	85,4	14,4	12–14	26	198
Ом 112	Кремнист.	66,1	12,7	14	20	197
Ом 195	Кремнист.	82,1	12,4	12	19	211
Ом 109	Кремнист.	59,6	11,3	12–14	17	187
Ом 28	Кремнист.	55,7	12,5	10–12	18	185
Ом 26	Кремнист.	82,5	14,5	12–14	18	213
Ом 32	Кремнист.	58,7	11,3	12	17	187
Ом 401	Кремнист.	83,0	13,4	12–14	23	199
Ом 33	Кремнист.	82,6	14,7	12	20	250
Ом 279	Кремнист.	87,1	15,1	12–14	21	252
Ом 204	П/зубовид.	100,4	16,0	16	24	200
Ом 409	Кремнист.	82,6	14,8	12–14	26	182
Среднее		82,4	13,8	13,3	21,5	218
V%		12,8	10,9	8,7	15,28	13,8
Ст. отклонение (б)		± 4,8	± 1,51	± 1,34	± 3,28	± 28,9

Таблица 4

Результаты изучения комбинационной способности инбредных линий

Линия	Эффекты ОКС	Варианса СКС	Линия	Эффекты ОКС	Варианса СКС
Ом 196	3,01	80,87	Ом 204	2,50	8,95
Ом 30	0,86	93,39	Ом 401	1,52	12,93
Ом 110	-6,25	16,22	Ом 33	3,40	21,22
Ом 109	-5,15	18,39	Ом 26	-1,92	6,13
Ом 409	4,91	8,77	Ом 14	2,39	5,44
Ом 172	1,64	16,95	Ом 136	3,96	4,19
Ом 259	1,87	8,81	Ом 279	0,53	8,98
Ом 112	2,64	78,22	Ом 195	-4,16	8,09
Ом 28	-4,65	11,74	Ом 398	-3,59	32,74
Ом 107	1,12	44,13	Ом 32	-4,63	27,29
НСР ₀₅	0,54	(сред = 37,74)		0,36	(сред = 13,60)
F факт	18,25	21,30		13,16	13,94

Таблица 5

Генетические источники хозяйственно полезных признаков коллекции линий кукурузы

Хозяйственно полезные признаки	Количество линий источников
Раннеспелость	7 – Ом 196, Ом 14, Ом 30, Ом 136, Ом 398, Ом 107, Ом 110
Комбинационная способность	5 – Ом 196, Ом 30, Ом 112, Ом 107, Ом 33
Высокоурожайные	6 – Ом 33, Ом 112, Ом 172, Ом 14, Ом 398, Ом 196
Высокорослые	5 – Ом 14, Ом 30, Ом 204, Ом 409
Высокое прикрепление початка	5 – Ом 398, Ом 112, Ом 107, Ом 409, Ом 259
Масса початка	4 – Ом 30, Ом 136, Ом 172, Ом 14
Длиннопочатковые	3 – Ом 172, Ом 204, Ом 279
Многорядные	1 – Ом 204
Устойчивость к пузырчатой головне	4 – Ом 14, Ом 112, Ом 401, Ом 409
(М 1000 зерен, г)	4 – Ом 136, Ом 30, Ом 279, Ом 33

Для получения высокогетерозисных гибридов необходимо учитывать и структурные особенности исходного материала: длина початка, масса початка, количество рядов зерен, количество зерен в ряду, масса 1000 зерен. Изучение этих признаков показало, между линиями имеются существенные различия. В табл. 3 представлены средние данные по структурным показателям коллекции инбредных линий за 2014–2016 гг.

По признаку «масса початка» размах варьирования составил от 55,7 до 105,3 г. Среднее значение – 82,4 г. Стандартное отклонение $\pm 4,8$ г, $V = 12,8\%$, коэффициент выравнивания материала – 87,2%. Наибольшие значения данного признака отмечены у линий: Ом 30, Ом 136, Ом 172 и Ом 14. По признаку «длина початка» 45% линий находятся в интервале среднего значения – 13,8 см, отклонение составило $\pm 1,51$ см. Выделены 3 линии с длиной початка $\geq 15,0$ см: Ом 172, Ом 204, Ом 279. Количество рядов зерен на початке у большинства линий от 12 до 14 шт., степень изменчивости признака по годам была незначительная ($V = 8,7\%$). По данному признаку можно выделить линию Ом 204, имеющую 16 рядов. Признак «количество зерен в ряду» показал среднюю степень изменчивости ($V = 15,28\%$), варьирование было в диапазоне 17–26 шт., среднее значение составило 21,5 шт., наибольшее значение у линии Ом 259, Ом 409, Ом 107. Признак «масса 1000 зерен» находился в пределах средней изменчивости ($V = 13,8\%$). Наибольшее значение признака по годам изучения отмечено у линий Ом 136, Ом 30, Ом 279, Ом 33. Для определения селекционной ценности новых инбредных линий кукурузы, представляющих интерес для селекции новых гибридов, определялась их комбинационная способ-

ность. В 2015 г. были проведены прямые диаллельные скрещивания инбредных линий с последующим испытанием гибридного потомства. ОКС и СКС определялась по урожаю зерна полученных гибридов. В табл. 4 приведены результаты оценки общей комбинационной способности (ОКС) и специфической (СКС).

Анализ диаллельных гибридов по урожаю зерна показал достоверность различий между гибридами ($F_{\text{факт}} > F_{\text{табл.}}$), что позволило проанализировать различия по комбинационной способности линий. Выявлены высокие эффекты ОКС у линий: Ом 196, Ом 409, Ом 112, Ом 136, Ом 33, Ом 14. Для оценки СКС для каждой линии определялась дисперсия СКС. Сравнение линий по СКС проводили с её средним значением. Оценками СКС выше среднего значения характеризуются линии: Ом 196, Ом 30, Ом 112, Ом 107, Ом 398, Ом 32, Ом 33. Результаты изучения ОКС и СКС по урожаю зерна позволили выделить линии, показавшие высокие и средние эффекты ОКС и высокие дисперсии СКС. Данные линии пригодны для широкого использования в селекции высокогетерозисных гибридов: Ом 196, Ом 30, Ом 112, Ом 107, Ом 33. Линии Ом 136, Ом 14 и Ом 409 характеризуются высокой ОКС, но низкой СКС – эти линии также можно включать в скрещивания для получения высокоурожайных гибридов и сортов-популяций. Линии Ом 32, и Ом 398 имеют низкую ОКС, но высокую дисперсию СКС, эти линии можно использовать в селекционных программах, как родительские компоненты, но успех создания высокогетерозисных гибридов возможен при правильном подборе пар. Линии Ом 109, Ом 110, Ом 28, Ом 26, и Ом 195 в пределах данной группы показали низкие значения ОКС и СКС.

В результате проведенных исследований в 2014–2016 гг. дана оценка коллекции инбредных линий по проявлению хозяйственно полезных признаков.

Из коллекции выделено 15 линий, которые представляют интерес как генетические источники по 10 наиболее ценным хозяйственно полезным признакам. Использование данных линий в селекционных программах позволит оптимизировать селекционный процесс по созданию новых раннеспелых высокоурожайных гибридов (табл. 5).

Список литературы

1. Орлянский Н.А. Создание и изучение самоопыленных линий кукурузы при селекции на раннеспелость / Н.А. Орлянский, Н.А. Орлянская // Селекция. Семеноводство. Технология возделывания кукурузы: материалы науч. конф., посв. 20 лет ГНУ ВНИИ кукурузы. – Пятигорск: Изд-во ОАО «Кавказская здравница», 2009. – С. 63–65.
2. Орлянская Н.А. Результаты изучения новых самоопыленных линий кукурузы / Н.А. Орлянская // Селекция. Семеноводство. Технология возделывания кукурузы: материалы науч. конф., посв. 25-летию ГНУ ВНИИ кукурузы. – Пятигорск: Изд-во ОАО «Кавказская здравница», 2012. – С. 46–52.
3. Логинова А.М. Изучение новых инбредных линий кукурузы омской селекции / А.М. Логинова, С.В. Губин // Кукуруза и сорго. – 2012. – № 3. – С. 15–17.
4. Комбинационная способность новых среднеранних линий кукурузы / А.Ю. Слащев [и др.] // Кукуруза и сорго. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 16–20.
5. Супрунов А.И. Периодический отбор в популяциях кукурузы / А.И. Супрунов, М.А. Чуприна. – Краснодар: Изд-во ООО «Эдви», 2010. – С. 28–37.
6. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. – Днепропетровск, 1980. – 54 с.

References

1. Orlyanskij N.A. Sozdanie i izuchenie samoopy`lenny`x linij kukuruzy` pri selekcii na rannespelost` / N.A. Orlyanskij, N.A. Orlyanskaya // Selekcija. Semenovodstvo. Texnologiya vozdelj`vaniya kukuruzy`: materialy` nauch. konf., posv. 20 let GNU VNII kukuruzy`. – Pyatigorsk: Izd-vo OAO «Kavkazskaya zdravnicza», 2009. – pp. 63–65.
2. Orlyanskaya N.A. Rezul`taty` izucheniya novy`x samoopy`lenny`x linij kukuruzy` / N.A. Orlyanskaya // Selekcija. Semenovodstvo. Texnologiya vozdelj`vaniya kukuruzy`: materialy` nauch. konf., posv. 25-letiju GNU VNII kukuruzy`. – Pyatigorsk: Izd-vo OAO «Kavkazskaya zdravnicza», 2012. – pp. 46–52.
3. Loginova A.M. Izuchenie novy`x inbredny`x linij kukuruzy` omskoj selekcii / A.M. Loginova, S.V. Gubin // Kukuruza i sorgo. – 2012. – № 3. – pp. 15–17.
4. Kombinacionnaya sposobnost` novy`x srednerannix linij kukuruzy` / A.Yu. Slashhev [i dr.] // Kukuruza i sorgo. – 2015. – Т. 1, № 1. – pp. 16–20.
5. Suprunov A.I. Periodicheskij otbor v populyacijax kukuruzy` / A.I. Suprunov, M.A. Chuprina. – Krasnodar: Izd-vo ООО «E`dvi», 2010. – pp. 28–37.
6. Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu polevy`x opy`tov s kukuruzej. – Dnepropetrovsk, 1980. – 54 p.