

УДК 633.15: 631.52

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТИВНОСТИ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ ОМСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Губин С.В., Логинова А.М., Гетц Г.В.

*Сибирский филиал ГНУ ВНИИ кукурузы РАСХН, Омск, г. Омск, Россия (644012, г Омск, пр. Королева, 28 к. 424), e-mail: sibmais@rambler.ru*

В настоящее время остро ощущается недостаток раннеспелых гибридов кукурузы, адаптированных к климатическим условиям Сибири. Для создания таких гибридов необходим принципиально новый исходный материал – инбредные линии, источники экологической устойчивости. Выявление особенностей адаптивной реакции и селекционной ценности исходного материала является важнейшим условием эффективного подбора родительских форм в селекции кукурузы на адаптивность к стрессовым условиям выращивания. Целью исследований было изучение параметров стабильности и пластичности 14-ти инбредных линий кукурузы омской селекции, выделенных по комплексу признаков из коллекции раннеспелых линий в ходе аспирантского опыта. Исследования проводились с 2011 по 2013 г. на опытном поле Сибирского филиала Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы г. Омск. Доказано достоверное влияние условий среды и взаимодействия «генотип – среда» на урожайность изучаемой группы инбредных линий. Определены показатели экологической пластичности, стабильности и селекционной ценности генотипа у исследуемых линий кукурузы, даны рекомендации по их практическому применению в селекции и выбору технологии возделывания.

Ключевые слова: кукуруза, гибрид, инбредная линия, селекция, экологическая адаптивность, пластичность, стабильность, генотип, селекционная ценность.

## TESTING OF ECOLOGICAL ADAPTABILITY OF INBRED LINES OF MAIZE BREEDING OMSK

Gubin S.V., Loginova A.M., Getts G.V.

*Siberian branch of the of all-Russian scientific research institute of corn, Omsk, Omsk, Russia (646012, Omsk, av. Koroлева, 28, s.424), sibmais@rambler.ru*

Now the lack of the early ripe hybrids of corn adapted for climatic conditions of Siberia is sharply felt. Essentially new initial material – inbred lines, sources of ecological stability is necessary for creation of such hybrids. Detection of features of adaptive reaction and selection value of initial material is the most important condition of effective selection of parental forms in selection of corn on adaptability to stressful conditions of cultivation. Testing of parameters of stability and plasticity of the 14 inbred lines of corn of Omsk selection allocated on a complex of signs from a collection of early ripe lines during postgraduate experience was the purpose of researches. Researches were conducted from 2011 to 2013 in the Siberian branch of the All-Russian research institute of corn. Reliable influence of conditions of the environment and interaction "a genotype – habitat" on productivity of the studied group of the inbred lines is proved. Indicators of ecological plasticity, stability and selection value of a genotype at the studied lines of corn are defined, recommendations about their practical application in selection and to a choice of technology of cultivation are made.

Keywords: corn, hybrid, inbred line, breeding, ecological adaptability, flexibility, stability, genotype, selection value.

Распространение кукурузы в Сибири, как основной кормовой культуры, сдерживается недостатком высокоурожайных раннеспелых гибридов, способных давать стабильно высокие урожаи зеленой массы с початками молочно-восковой и восковой спелости. Такие гибриды, помимо прочих хозяйственно-ценных признаков, должны обладать также высокой адаптивной способностью, чтобы максимально использовать лимитированные агроклиматические ресурсы зоны рискованного земледелия.

Для создания таких гибридов необходим принципиально новый исходный материал, представляющий собой инбредные линии – источники признаков технологичности,

урожайности и экологической устойчивости. Взаимосвязь между потенциальной продуктивностью и экологической устойчивостью весьма специфична. Поэтому выявление особенностей адаптивной реакции и селекционной ценности исходного материала является важнейшим условием эффективного подбора родительских форм в селекции кукурузы на адаптивность к стрессовым условиям выращивания [2]. Поэтому очень важно знать уровень стабильности и пластичности изучаемых инбредных линий. Такая информация необходима при отборе исходного материала для планирования скрещиваний в селекционных программах [6].

Экологическое испытание генотипов кукурузы включает оценку их адаптивности по количественным характеристикам – экологической стабильности (устойчивости реализации генотипа на основе стабильности норм реакции) и пластичности (способности генотипа к модификационной изменчивости в различных условиях выращивания) [4].

Стабильность характеризуется степенью устойчивости реализации аддитивного эффекта генотипа и среды или степенью отзывчивости формы на изменения условий среды конкретного генотипа от средней отзывчивости всей системы генотипов [7].

**Целью** исследований было изучение параметров стабильности и пластичности 14-ти инбредных линий кукурузы омской селекции, выделенных по комплексу признаков из коллекции раннеспелых линий в ходе аспирантского опыта.

### **Материал и методика**

Опыт по оценке экологической пластичности и стабильности входил в программу исследований по изучению коллекции инбредных линий кукурузы омской селекции. С целью выделения исходного материала, для создания раннеспелых гибридов для условий Сибири, изучались линии, выделенные с 1999 по 2009 год, а также линия Ом 136, выделенная в 1985 году, но ранее не достаточно изученная. Первоначально в опыт были включены 48 линий. После подробного изучения линий по признакам продуктивности и технологичности, устойчивости к болезням, оценки комбинационной способности, были отобраны 14 из них, представляющие по комплексу признаков наибольший интерес для селекции.

Исследования проводились с 2011 по 2013 г. на опытном поле Сибирского филиала Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы (СФ ВНИИК), г. Омск. Посев проводился в оптимальные для данной почвенно-климатической зоны сроки, ручными сажалками по предварительной маркировке. Способ посева: квадратно-гнездовой с междурядьем 70 см. Площадь делянки 9,8 м<sup>2</sup> (2 рядка). Повторность 3-х кратная. Размещение вариантов систематическое, стандарт – в начале каждой повторности.

Климатические условия в период вегетации культуры значительно отличались по годам. Наиболее благоприятным для роста и развития кукурузы был 2011 год – в течение вегетационного периода выпало 195 мм осадков, а среднесуточная температура воздуха составила 17,3°C. Наиболее стрессовым был 2012 год, в июле которого выпало всего 8,2 мм осадков, притом, что среднесуточная температура воздуха за летние месяцы превысила климатическую норму на 2,3°C и составила 20,4°C. 2013 год по климатическим показателям был близок к среднестатистическому.

Проведение испытаний нового исходного материала в контрастно изменяющихся по годам погодно-климатических условиях позволило эффективно оценить адаптивность изучаемых инбредных линий к нерегулируемым факторам внешней среды.

Фенологические наблюдения и учеты проводились по общепринятым методикам [1]. Сбор урожая початков проводили вручную. Вес початков с каждой делянки учитывался в поле. Для определения уборочной влажности зерна отбиралась проба из каждого варианта. Взятые пробы початков высушивались до стандартной влажности (14 %) и обмолачивались. По результатам определения уборочной влажности вычислялась урожайность зерна стандартной влажности с 1 га.

Показатели экологической адаптивности генотипов было решено оценивать по урожайности, так как этот признак является наиболее экспрессивным (вариабельным). Полученный урожай зерна отражает действие на растения всех условий выращивания, следовательно, его можно считать главным критерием при оценке инбредных линий кукурузы по экологической пластичности и стабильности.

Для оценки экологической пластичности и стабильности применялся метод С. Эберхарта и Рассела (S. A. Eberhart and W. A. Russell), позволяющий определить пластичность (при помощи коэффициента регрессии –  $bi$ ) и стабильность проявления количественных признаков (через коэффициент вариации  $vi$ ). Коэффициент регрессии  $bi$  характеризует среднюю реакцию генотипа на изменение условий среды [8]. Если  $bi$  больше единицы, то инбредная линия относится к высокопластичным, в пределах от нуля до единицы – к сравнительно низкопластичным. Величина показателя обратная уровню стабильности: чем меньше его значение – тем стабильнее образец. Селекционная ценность генотипа определялась по А. В. Кильчевскому и Л.В. Хотылевой [3].

### **Результаты исследований**

Средняя урожайность зерна у изучаемых инбредных линий кукурузы составила 2,78 т/га в 2011 году, в 2012 – 2,41 т/га и в 2013 – 2,22 т/га. Выделились две линии, существенно не уступающие стандарту по этому признаку: Ом 14 и Ом 136. Урожайность зерна инбредных линий представлена в таблице 1.

Таблица 1

Урожайность зерна инбредных линий кукурузы (2011–2013 гг.)

Линия	Урожайность зерна по годам, т/га (в пересчете на стандартную влажность – 14 %)		
	2011	2012	2013
Ом 196	<b>3,96</b>	<b>3,29</b>	<b>2,54</b>
Ом 14	<b>3,73</b>	<b>3,42</b>	<b>3,77</b>
Ом 15	3,26	<b>2,54</b>	<b>2,54</b>
Ом 20	2,43	1,61	1,33
Ом 25	2,20	<b>2,89</b>	<b>3,07</b>
Ом 136	<b>3,56</b>	<b>2,57</b>	<b>2,30</b>
Ом 143	3,05	1,74	1,74
Ом 149	2,29	0,76	<b>2,57</b>
Ом 388	2,59	2,40	1,36
Ом 397	2,46	1,97	<b>2,04</b>
Ом 398	3,06	<b>3,90</b>	<b>2,68</b>
Ом 400	2,29	1,81	1,39
Ом 404	2,44	1,65	1,36
Ом 410	2,14	<b>3,45</b>	<b>2,57</b>
Ом 414	2,20	2,08	1,95
Средняя	2,78	2,41	2,22
НСР	0,54	0,94	0,61

Дисперсионный анализ полученных данных показал достоверные различия между изучаемыми инбредными линиями по признаку «урожайность зерна» (таблица 2).

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	$F_{факт}$	$F_{теор}$	Доля фактора %
Общее	93,9251	134	-	-	-	-
Повторение	0,6553	2	-	-	-	-
Генотип (А)	44,9660	14	3,21	15,84	1,85	40,50
Среда (В)	7,3838	2	3,69	18,21	3,09	46,55
Взаимодействие (А х В)	23,0768	28	0,82	4,06	1,63	10,39
Остаток (ошибка)	17,8432	88	0,20	-	-	2,56

Результаты дисперсионного анализа подтвердили достоверное влияние условий среды и взаимодействия «генотип – среда» на урожайность изучаемой группы инбредных линий. F-критерий показал, что градация фактора «условия среды» различается достоверно, влияния повторений не обнаружено, ошибка опыта в допустимых пределах и, следовательно, опыт считается достоверным (условия существенно различаются). Вклад генотипа в проявление значения признака составил 40,5 %, среды – 46,6 % и их взаимодействия – 10,4 %. Значительное влияние обоих факторов свидетельствует о том, что в контрастных климатических условиях Сибири показатели экологической адаптивности гибридов

кукурузы, а, следовательно, и исходного материала для их создания, имеют особенно важное значение.

Под экологической пластичностью генотипа на практике понимают отзывчивость к улучшению условий выращивания наряду со склонностью к снижению урожайности в неблагоприятных условиях. По сочетаемости признаков «экологическая пластичность» и «урожайность» все генотипы (гибриды, популяции и инбредные линии) можно разделить на 3 типа: совмещение высокой экологической пластичности и урожайности (особо ценные); высокая урожайность и низкая пластичность; низкая урожайность и низкая пластичность (не имеют практического значения) [5]. Зная параметры экологической пластичности инбредной линии, можно судить не только о целесообразности ее включения в программы скрещиваний, но, что не менее важно, и о стабильности получения урожаев кондиционного семенного зерна по годам в определенной агроклиматической зоне. Результаты расчета показателей экологической адаптивности представлены в таблице 3.

**Таблица 3**

Урожайность зерна и показатели адаптивности инбредных линий кукурузы омской селекции

Линия	Среднее значение за 3 года, т/га	Пластичность, $b_i$	Коэффициент вариации, $v_i$	Селекционная ценность генотипа, $C_i$
Ом 196	3,26	2,42	0,178	8,48
Ом 14	3,64	0,06	0,043	10,56
Ом 15	2,78	1,37	0,123	6,17
Ом 20	1,79	1,99	0,261	2,55
Ом 25	2,72	-1,58	0,137	5,90
Ом 136	2,81	2,29	0,192	6,30
Ом 143	2,18	2,49	0,283	3,79
Ом 149	1,87	0,15	0,423	2,80
Ом 388	2,12	1,94	0,254	3,58
Ом 397	2,16	0,82	0,100	3,71
Ом 398	3,21	0,26	0,159	8,23
Ом 400	1,83	1,55	0,200	2,68
Ом 404	1,82	1,94	0,251	2,63
Ом 410	2,72	-1,13	0,200	5,89
Ом 414	2,08	0,43	0,049	3,44
НСР	0,72			

Исходя из результатов расчета показателей экологической пластичности, изученные инбредные линии кукурузы можно подразделить на три группы:

1. Высокоурожайные высокопластичные: Ом 196, Ом 15, Ом 136.
2. Высокоурожайные слабопластичные: Ом 14, Ом 25, Ом 398, Ом 410.

3. Низкоурожайные (значение существенно меньше стандарта): Ом 20, Ом 143, Ом 149, Ом 388, Ом 397, Ом 400, Ом 404 и Ом 414.

По показателям стабильности на общем фоне выделяются линии: Ом 14, Ом 25, Ом 397, Ом 414 – как наиболее стабильные (с наименьшим значением коэффициента вариации) и Ом 20, Ом 143, Ом 149, Ом 388, Ом 404 – наименее стабильные.

Сочетание показателей адаптивности и урожайности определяет селекционную ценность генотипа, которая позволяет прогнозировать эффективность применения в селекционной работе конкретных генотипов, в нашем случае – инбредных линий кукурузы. По этому показателю заслуживают внимания линии: Ом 196, Ом 14, Ом 15, Ом 136 и Ом 398.

Таким образом, исходя из сочетания значений признаков экологической адаптивности, селекционной ценности и урожайности, можно дать рекомендации по технологии возделывания и практическому применению в селекции изученных инбредных линий кукурузы.

### **Выводы и предложения**

Низкоурожайные линии рекомендуется использовать как источники отдельных хозяйственно-полезных признаков (продолжительность вегетационного периода, высота растения, высота прикрепления верхнего початка, устойчивость к полеганию, резистентность к болезням и вредителям и другие), обуславливающих узкую специфическую адаптивность к условиям Сибири гибридов, полученных с их участием. Для передачи генов, ответственных за проявление таких признаков в генотип коммерческих гибридов, может потребоваться создание промежуточных родительских форм, созданных на основе или улучшенных с помощью инбредных линий, изученных в нашем опыте.

Высокоурожайные линии с высоким значением показателя экологической стабильности и могут являться непосредственно одной из родительских форм при создании гибридов экстенсивного типа. Такие гибриды будут обеспечивать стабильно высокие урожаи при минимальной или ресурсосберегающей технологии возделывания (при обязательном соблюдении общей технологии выращивания культуры). В наших исследованиях такие качества проявили линии Ом 14 и Ом 398.

Линии, сочетающие в себе высокую урожайность и высокую экологическую пластичность, могут быть родительскими формами при создании гибридов интенсивного типа. Такие гибриды подходят для выращивания по интенсивным технологиям, эффективно отзываясь на полив, внесение удобрений и другие приемы интенсификации. К линиям этой группы относятся: Ом 196 (стандарт), Ом 15 и Ом 136.

Таким образом, все 14 линий, прошедшие отбор из коллекции, созданной в Сибирском филиале ВНИИ кукурузы с 1999 по 2009 год, представляют интерес по отдельным признакам

или их комплексу и могут быть включены в селекционные программы по созданию гибридов. И отдельно стоит отметить инбредные линии кукурузы омской селекции: Ом 14, Ом 398, Ом 196, Ом 15, Ом 136, которые представляют большой интерес при селекции на экологическую адаптивность к условиям Сибири.

### Список литературы

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство. – Кишинев: Штиинца, 1990. – 432 с.
3. Зыкин В.А., Белан И.А. и др. Методики расчета экологической пластичности сельскохозяйственных растений по дисциплине «Экологическая генетика». Омск: Изд. ОмГАУ, 2008. – 40 с.
4. Иващенко В.Г., Сотченко Ю.В. Экологическая пластичность и стабильность скороспелых гибридов кукурузы // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – Краснодар, 1999. – С. 121-127.
5. Кравченко Р.В., Адаптивность и стабильность проявления урожайных свойств гибридов кукурузы на фоне антропогенных факторов // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 77 (03).
6. Пакудин В.З., Лопатина Л. М. Методы оценки экологической пластичности сортов сельскохозяйственных растений // Селекция и генетика кукурузы. – Краснодар, 1979. – С. 113-121.
7. Чучмий И.П., Моргун В.В. Генетические основы и методы селекции скороспелых гибридов кукурузы. – Киев: Наукова думка, 1990. – 284 с.
8. Eberhart S.A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. – 1966. – V.6. – № 1. – P.36-40.

### Рецензенты:

Рутц Р. И., д.с.-х.н., ФГБОУ СибНИИСХ, г. Омск.

Евдокимов М. Г., д.с.-х.н., ФГБОУ СибНИИСХ, г. Омск.