

Л.П.Шиманский, научный сотрудник

В.Н.Шлапунов, академик ААН РБ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н.Ф.Надточаев, кандидат сельскохозяйственных наук

Белорусский НИИ земледелия и кормов

УДК 633.15(476)

## Создание самоопыленных линий кукурузы в Беларуси

*В результате семилетней селекционной работы в Белорусском НИИ земледелия и кормов создан ряд линий кукурузы с хозяйственно-ценными признаками. Изучение линий и их тест-кроссов в широкой экологической сети позволило выделить генотипы с высоким адаптивным потенциалом. Созданные с их участием экспериментальные гибриды по зерновой и силосной продуктивности не уступают стандартным гибридам.*

Стратегия селекционной работы на раннеспелость строится с учетом экологических особенностей зоны возделывания кукурузы. В зависимости от этого изменяются требования к гибридам и соответственно направления селекционной работы (Гурьев Б.П., Гурьева И.А., 1986).

Лимитирующий фактор произрастания кукурузы в Беларуси, особенно в северной части, — тепловой режим. Сумма тепла за вегетационный период не обеспечивает вызревания позднеспелых гибридов. Поэтому остро стоит вопрос получения скороспелых гибридов, которые должны иметь стабильный биологический потенциал продуктивности, отличаться высокой активностью фотосинтеза и широкой адаптацией к различным почвенно-климатическим условиям, устойчивостью к полеганию, болезням и вредителям, холодостойкостью, иметь надежное, технологическое и экономически выгодное семеноводство. Селекция таких гибридов возможна на основе раннеспелых линий. Проблема получения инбредных линий с ценными

*The seven years of breeding research at Belarus Research Institute for Arable Farming and Fodders have resulted in the creation of a number of corn lines having important economic properties. Studying the lines and their test-crosses in a wide ecological network allowed to select genotypes with high adaptive potential. The experimental hybrids of grain and silage created on their basis have the productivity not less than standards.*

признаками, которые обуславливают высокую комбинационную способность, в основном сводится к наличию исходного материала, сконцентрировавшего в себе эти признаки. Привлечение в качестве исходного материала раннеспелых и среднеспелых линий с комплексом хозяйственно-полезных свойств и последующая оценка биологического материала в широкой экологической сети способствуют выделению ценных ранних генотипов с высоким адаптивным потенциалом к стрессовым абиотическим факторам.

Цель настоящей работы — обобщение результатов по созданию инбредных линий кукурузы и изучению их в различных экологических зонах с контрастными почвенно-климатическими условиями.

### Материал и методика

Исходным материалом послужили самоопыленные потомства  $S_2$ , полученные путем инбридинга 6 простых гибридов, синтезированных на базе кремнистых линий

МКР2, МКР4, МКР14, МКР16, МКР17, F2, Ma21 и CM7. Линии с шифром МКР выведены из гибридов с участием линии F2, представляющей отдельную гетерозисную группу, которая была создана из свободноопыляющегося сорта Lacaune (Henderson С.В., 1984). Линия Ma21 — французского происхождения с закрытой родостовной, а CM7 была создана в Канале из гибрида W85×CMV3 (Henderson С.В., 1984). Выбор данных линий как компонентов исходного материала обусловлен наличием у них таких важных свойств, как: скороспелость (МКР2, МКР14, МКР16, МКР17), устойчивость к низким температурам (МКР16, МКР17, Ma21), толерантность к почвенной и воздушной засухе (МКР16, МКР17), устойчивость к стеблевому полеганию (МКР4, МКР16, F2), высокая комбинационная способность (МКР16, МКР17, Ma21), быстрое высыхание зерна (CM7, МКР2, МКР16). Местности проведения исследований — Липово и Жодино в Беларуси и Пашкань в Молдове — характеризуются весьма контрастными почвенно-климатическими условиями. Методика создания линий — инбридинг и визуальный отбор лучших генотипов внутри среди индивидуальных потомств, высеванных по типу «початок — ряд». Определение комбинационной способности проводилось на основе тестскрещиваний. Холодостойкость оценивалась в лабораторных условиях в НИИ кукурузы и сорго (Молдова) по методике М. Дебберта (1988), усовершенствованной А.И. Ротарем (1993) с определением индекса толерантности К1, выражающего отношение величины сухой массы всходов в условиях низких температур к сухой массе всходов, выращенных при оптимальной температуре.

### Результаты и обсуждение

В 1993 г. в рамках научного сотрудничества из Молдавского НИИ кукурузы и сорго были получены и высеяны в Липово 600 семей S<sub>2</sub> поколения инбридинга из 6 гибридных комбинаций. Для предварительной оценки комбинационной способности фенотипически лучшие из них были скрещены с тестером, в качестве которого выступал простой гибрид МКР35×МКР41, являющийся материнской формой раннеспелого трехлинейного гибрида Бемо 160МВ. Испытание тестскрещиваний в 1994 г. показало, что большинство из них имело более длинный период от всходов до цветения початков, чем стандарт. Более поздним цветением и повышенной влажностью зерна характеризо-

вались потомства из гибридных комбинаций МКР17×Ma21, МКР16×CM7 и МКР17×F2 (табл. 1). Длительная засуха при высокой дневной температуре воздуха (более 30 °С) в критический период привела к бесплодию и снижению урожайности, особенно у ранних и незасухоустойчивых форм. В среднем по зерновой продуктивности только потомства из МКР16×CM7 были на уровне Бемо 160МВ, потомства из остальных родоназачальников существенно превысили стандарт. Наиболее продуктивными были потомства из МКР16×МКР4 и МКР17×Ma21 (60,8 и 60,4 ц/га зерна соответственно). Потомства из МКР16×МКР2, МКР16×МКР4 и F2×МКР14 имели сравнительно низкую влажность зерна.

Для дальнейшей селекционной работы были отобраны семьи, существенно превышающие стандарт по продуктивности и обладающие желаемыми хозяйственно-полезными признаками. Следует подчеркнуть, что неблагоприятные погодные условия в 1994 г. привели к тому, что многие ранозелующие линии были выбракованы по причине низкой продуктивности, хотя обладали хорошей комбинационной способностью.

После ряда последовательных самоопылений и визуальных отборов были выделены 210 константных семей, в том числе 21 из МКР16×МКР2, 43 из МКР16×МКР4, 6 из МКР16×CM7, 27 из МКР17×F2, 52 из F2×МКР14 и 61 из МКР17×Ma21. В 1996 г. этот материал был высеян в Молдове и скрещен с простым гибридом зубовидного типа МКР36×МКР28, имеющим родство с материнской формой Бемо 160МВ, так как обе линии созданы с участием ее компонентов. Линии с общим происхождением в S<sub>3</sub>-S<sub>4</sub> и близкие по фенотипу объединялись. В общей сложности получено 116 тестскрещиваний, которые в следующем году изучались в Липово и Пашкань. Участок под испытанием гибридов в Пашкань характеризовался большей однородностью почвы и коэффициент вариации урожая зерна в опыте составил 7,2%, в то время как в Липово — 10,6%. Поэтому наименьшая разность (НСР<sub>05</sub>) имела среднее значение 5,5 ц/га в Пашкань и 7,4 ц/га в Липово. Анализ данных, приведенных в таблице 2, показывает, что в Пашкань тестскрещивания с линиями из МКР16×CM7 позже цвели (51,3 дня) и имели при уборке повышенную влажность зерна (21,0%). В условиях Беларуси высокие значения этих двух показателей отмечены

Таблица 1. Урожайность тестскрещиваний потомств S<sub>2</sub> (Липово, 1994 г.)

Родоназачальники	Изучено семей	Дней до цветения початков	Влажность зерна, %	Урожайность зерна, ц/га		
				средняя	±к стандарту	±к средней по опыту
МКР16×МКР2	63	69,9	32,0	55,7	+7,1	-2,1
МКР16×МКР4	46	70,6	32,9	60,8	+12,2	+3,0
МКР16×CM7	19	72,6	33,2	53,9	+5,3	-3,9
F2×МКР14	89	70,5	32,7	56,9	+8,3	-0,9
МКР17×F2	23	72,2	33,4	58,9	+10,3	+1,1
МКР17×Ma21	70	72,6	33,2	60,4	+11,8	+2,6
Бемо 160МВ-ст.		68,0	28,8	48,6		
НСР <sub>05</sub>				6,1		

Таблица 2. Урожайность тестскрещиваний потомств  $S_2$  (1997 г.)

Родоначалники	Изучено семей	Место испытания	Дней до цветения початков	Влажность зерна, %	Урожайность зерна, ц/га	
					средняя	+ к средней по опыту
МКР16×МКР2	11	Пашкань	50,1	18,9	70,6	-0,9
		Липово	60,7	36,7	68,1	+1,8
МКР16×МКР4	23	Пашкань	50,6	19,0	71,7	+0,2
		Липово	60,7	38,0	62,6	-3,7
МКР16×СМ7	4	Пашкань	51,3	21,0	69,2	-2,3
		Липово	62,3	38,2	70,7	+4,4
F2×МКР14	36	Пашкань	50,5	19,3	69,3	-2,2
		Липово	60,3	38,3	61,7	-4,6
МКР17×F2	12	Пашкань	50,1	19,4	68,3	-3,2
		Липово	61,1	38,0	62,0	-4,3
МКР17×Ма21	30	Пашкань	50,8	19,5	75,7	+4,2
		Липово	63,7	39,4	74,6	+8,3
Среднее по опыту		Пашкань	50,7	19,3	71,5	0
		Липово	61,5	38,3	66,3	0

у линий, выведенных из комбинации МКР17×Ма21, хотя в Пашкань они близки к средней по опыту. Тестскрещивания с линиями, имеющими в родословной МКР16, МКР2 и СМ7, оказались урожайнее только в Липово. Линии, полученные из гибридных комбинаций с участием линии F2, характеризовались низкой зерновой продуктивностью в обеих точках испытания.

Высокую урожайность, а следовательно, и комбинационную способность имели линии из МКР17×Ма21, особенно в Беларуси. По многим селекционным образцам наблюдается экологическая реакция, т.е. линии, выделенные в одной из точек испытания, не подтвердили своего превосходства в другой зоне. Линии из МКР16×МКР4 наиболее полно реализовали свой потенциал в условиях Молдовы. При сравнении результатов предварительной оценки комбинационной способности потомств  $S_2$  и  $S_3$  констатируется совпадение данных у лучшего родоначалника. На основе результатов испытания тестскрещиваний в двух экзонах и с уче-

том визуальных оценок самих линий для более детального изучения в экспериментальных гибридах отобрано 7 перспективных линий — Б 35/96 из МКР16×МКР2, Б 52/96, Б 57/96, Б 58/96, Б 59/96, Б 60/96 из МКР17×Ма21 и Б 106/96 из МКР16×МКР4. Также интерес представляют линии Б 39/96, Б 41/96, Б 77/96, Б 91/96 (МКР17×Ма21), Б 103/96 (МКР16×СМ7), Б 167/96 (МКР17×F2), Б 219/96 (МКР14×F2), выделенные в Липово, и Б 225/96 (МКР14×F2), выделенная в Пашкань.

Линия Б 35/96 отличается высокой урожайностью тесткроссов — 81,7 ц/га (табл. 3), однако дает 10,8% растений с корневым полеганием. Линия Б 106/96 имеет и передает гибридным комбинациям повышенную устойчивость к корневному и стеблевому полеганию. Линии Б 58/96, Б 59/96 и Б 60/96 унаследовали от Ма21 медленную отдачу влаги из зерна после физиологической спелости. Линия Б 57/96 в тестскрещиваниях показала урожайность зерна порядка 85 ц/га при низкой уборочной влажности его и может конкурировать со стандартом Бемо 210СВ.

Таблица 3. Сравнительная характеристика лучших линий в тестскрещиваниях (Пашкань, 1997)

Шифр линии	Стартовый рост, балл	Дней до цветения початков	Вегетационный период, дней	Урожайность зерна, ц/га	Влажность зерна, %	Полегание растений, %	
						корневое	стеблевое
Б 35/96	6,5	51,1	104	81,7	17,8	10,8	0
Б 106/96	8,0	51,3	105	78,2	18,8	0	0
Б 52/96	7,5	51,4	106	79,2	19,9	1,7	0,8
Б 57/96	7,5	52,1	104	84,7	18,2	0,8	0,8
Б 58/96	7,5	52,6	107	81,6	22,9	15,0	1,7
Б 59/96	7,0	51,2	108	80,6	20,3	5,8	1,7
Б 60/96	7,5	51,4	108	84,6	20,8	3,3	0,8
Бемо 160МВ	7,0	50,4	103	71,2	17,2	3,3	1,7
Бемо 210СВ	6,5	54,8	109	81,9	18,6	7,8	2,5
НСР <sub>05</sub>	0,7	1,8	2,4	5,2	1,6	-	-

Таблица 4. Результаты изучения селекционного материала в двух экологических зонах (1996–1997 гг.)

Родоначалники	Дней от всходов до			Высота растений, см		Полегание растений, % — Пашкань	
	цветения початков	Пашкань	созревания	Липово	Пашкань	линий	тестскрещиваний
МКР16×МКР2	62,2	52,0	98,4	128,6	130,2	14,4	12,2
МКР16×МКР4	63,8	52,2	100,8	126,3	124,0	9,1	6,5
МКР16×СМ7	65,4	53,6	102,2	121,5	116,6	5,2	4,3
F2×МКР14	63,6	52,6	102,3	130,6	132,2	8,1	11,3
МКР17×F2	64,8	52,0	99,4	129,1	122,3	13,3	7,0
МКР17×Ма21	65,6	53,0	101,6	140,3	133,2	12,2	5,3

Изучение самих линий в течение двух полевых сезонов в Пашкань (1996–1997 гг.) показало, что образцы, выведенные в условиях южной зоны Беларуси, обладают хорошим приспособительным потенциалом к условиям Молдовы. Все они хорошо перенесли засуху 1996 г., а в лабораторных опытах не различаются существенно по индексу толерантности к низким температурам на стадии всходов. Линии из МКР16×МКР2 характеризуются по однолетним данным как среднеустойчивые — К10,65–0,69, а из МКР16×МКР4 как высокоустойчивые — Б 106/96 — 0,81. Более широкий интервал изменчивости индекса толерантности отмечен у линий из МКР17×Ма21 — от 0,61 у Б 59/96 до 0,81 у Б 58/96 при значеньях 0,63 у стандарта F2 и 0,77 у МКР16.

По результатам изучения селекционных образцов в Беларуси и Молдове семьи из МКР16×МКР2 оказались более скороспелыми, отличались интенсивным наливом и быстрым высыханием зерна (табл. 4). Семьи из МКР16×СМ7 и МКР17×Ма21 имеют более продолжительный период от всходов до цветения початков в двух точках

испытания. Позднее наступление физиологической спелости зерна (созревание) в Пашкань отмечено у потомств из МКР16×СМ7 и F2×МКР14. Селекционный материал из МКР17×Ма21 и МКР16×СМ7 обладает медленной отдачей влаги из зерна после физиологической спелости и передает этот признак гибридам. Сравнительно высокорослые растения имели линии, полученные с участием МКР17, Ма21 и F2. Линии, имеющие в родословной МКР16, МКР2, СМ7, отличались низкой высотой растений и высотой прикрепления початка.

Перестой растений на корню после физиологической спелости в Молдове позволил выделить формы, устойчивые к корневому и стеблевому полеганию, что затруднительно сделать в Беларуси. Менее устойчивыми к полеганию оказались линии из МКР16×МКР2, МКР17×F2 и МКР17×Ма21. Низкорослые образцы из МКР16×СМ7 имели только 5,2% полегших растений. Гибридные комбинации с линиями из МКР16×МКР2 и F2×МКР14 характеризовались как менее устойчивые к полеганию.

Таблица 5. Сравнительная характеристика лучших линий в тестскрещиваниях (Жодино, 1999)

Шифр линии	Урожай зеленой массы, ц/га			Урожай сухого вещества, ц/га			Содержание сухого вещества, %		Селекционный индекс в % к средней
	среднее	эфф. ОКС	максим.	среднее	эфф. ОКС	максим.	среднее	эфф. ОКС	
Б 16/96	379,5	-9,9	414	126,0	5,1	142	33,1	2,0	110,9
Б 39/96	396,2	6,8	447	119,8	-1,1	134	30,2	-0,9	96,3
Б 41/96	391,2	1,8	399	118,2	-2,7	122	30,3	-0,8	95,2
Б 52/96	339,8	-49,6	348	106,9	-14,0	114	31,5	0,4	89,6
Б 57/96	409,5	20,1	440	123,0	2,1	134	30,0	-1,1	98,1
Б 58/96	431,5	42,1	481	127,5	6,6	140	29,6	-1,5	100,3
Б 60/96	403,5	14,1	419	132,6	11,7	141	32,4	1,3	114,4
Б 68/96	409,2	19,8	453	119,8	-1,1	133	29,2	-1,9	93,1
Б 77/96	408,5	19,1	472	124,8	3,9	143	30,5	-0,6	101,3
Б 91/96	348,8	-40,6	390	113,2	-7,7	128	32,4	1,3	97,6
Б 103/96	424,8	35,4	494	127,0	6,1	148	29,8	-1,3	100,5
Б 167/96	407,5	18,1	453	119,8	-1,1	136	29,4	-1,7	93,6
Б 219/96	397,0	7,6	423	121,5	0,6	132	30,5	-0,6	98,6
Б 225/96	369,2	-20,2	407	115,8	-5,1	127	31,4	0,3	96,8
F2	379,2	-10,2	413	124,9	4,0	138	32,9	1,8	109,3
МКР 16	334,2	-55,2	357	114,4	-6,5	130	34,2	3,1	104,0
НСР <sub>05</sub>	42,8	23,2		13,9	5,4		2,8	1,1	

В 1999 г. в Жодино в топкроссной схеме в скрещиваниях с 4 тестерами были изучены лучшие линии белорусской селекции по силосной продуктивности в сравнении с двумя стандартными линиями: раннеспелой МКР16 и среднеспелой F2. Большинство изучаемых белорусских образцов показали урожайность зеленой массы выше средней по опыту и достоверно превосходили стандартные линии (табл. 5). Высокую общую комбинационную способность по этому показателю имели линии Б 58/96 и Б 103/96. По урожайности сухого вещества только 3 линии достоверно имели высокие значения ОКС: Б 58/96, Б 60/96 и Б 103/96. Повышенным содержанием сухого вещества характеризуются гибридные комбинации с линиями Б 16/96, Б 60/96, Б 91/96, F2 и МКР16. По селекционному индексу, рассчитанному как произведение урожая сухого вещества на содержание сухого вещества, деленное на 100, выделяются линии Б 16/96, Б 58/96, Б 60/96, Б 77/96 и Б 103/96. Данные линии в отдельных гибридных комбинациях показали максимальный сбор сухого вещества порядка 140-148 ц/га при 138 ц/га с линией F2 и 142 ц/га обеспечил стандарт Бемо 210СВ.

### **Заключение**

Результативность селекции раннеспелых линий кукурузы во многом определяется наличием исходного ма-

териала, сконцентрировавшего в себе такие ценные признаки, как скороспелость, комбинационная способность: холодостойкость, устойчивость к болезням, полеганию, засухе и т.д. Вовлечение образцов с комплексом таких признаков в селекционный процесс позволило создать новые инбредные линии, адаптированные к почвенно-климатическим условиям Беларуси. Наибольший выход ценных рекомбинантов получен при скрещивании генетически отдаленных и контрастных по фенотипу, скороспелости, интенсивности накопления сухого вещества в початках при созревании линий МКР17 и Ма21. Сочетание в этих формах различных признаков позволило иметь высокую наследственную изменчивость при самоопылении и создало широкую возможность для отбора новых трансгрессивных образцов с различным выражением фенотипических, физиологических и биометрических признаков исходных линий. Из гибридной комбинации МКР17×Ма21 выделено 60% от общего числа линий, представляющих селекционную ценность. Комбинации между близкородственными скороспелыми линиями характеризовались низким выходом новых форм с высокой комбинационной способностью, устойчивостью к полеганию, болезням, хорошей семенной продуктивностью.