

## ПРОДУКТИВНОСТЬ И СТРУКТУРА КОМПОНЕНТОВ ДВОЙНОГО МЕЖЛИНЕЙНОГО ГИБРИДА КУКУРУЗЫ ПОЛЕССКИЙ 212СВ

О. С. РАДОВНЯ

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь,  
г. Минск, Республика Беларусь 220030, e-mail: wladrad@tut.by

В. И. КРАВЦОВ

РНДУП «Полесский институт растениеводства»,  
аг. Кричиный, Республика Беларусь 247781, e-mail: mzpolfj@mail.gomel.by

В. А. РАДОВНЯ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь 213407, e-mail: wladrad@tut.by

(Поступила в редакцию 05.07.2021)

Двойные межлинейные гибриды кукурузы представляют собой сложные генетически гетерогенные популяции, вследствие чего уступают по продуктивности простым гибридам, но более стабильны в семеноводстве и адаптированы к неблагоприятным факторам внешней среды.

В 2010 г. в РНДУП «Полесский институт растениеводства» изучена продуктивность и структура компонентов двойного межлинейного гибрида кукурузы Полесский 212 СВ, у которого родительские линии имеют выраженные маркерные признаки (тип зерна, окраска зерна и стержня початка). По данным признакам в гибриде выделено 18 групп компонентов. Установлена непрерывная изменчивость основных количественных признаков у основных компонентов популяции. Средневзвешенная продуктивность растений в популяции составила 103,8 г/растение. Встречаемость основных зубовидно-кремнистых и кремнисто-зубовидных компонентов составляет 75 % со средней продуктивностью зерна 110,1 г/растение. Встречаемость малопродуктивных генотипов с зерновой продуктивностью < 75 г/растение составила: 0,03 у зубовидных форм, 0,01 – у зубовидно-кремнистых, 0,05 – у кремнисто-зубовидных, 0,1 – у кремнистых. Растений, полностью схожих по фенотипу с материнской линией В 33с не обнаружено.

Предлагается у всех двойных межлинейных гибридов кукурузы изучить продуктивность и стабильность их компонентов, выделенных у электрофоретическим спектром запасных белков, что позволит прогнозировать потенциальную урожайность партий семян с различной гибриднойностью.

**Ключевые слова:** кукуруза, двойной межлинейный гибрид, зубовидная и кремнистая формы, продуктивность.

Double interline maize hybrids represent complex genetically heterogeneous populations, as a result of which they are inferior in productivity to simple hybrids, but are more stable in seed production and adapted to unfavorable environmental factors.

In 2010, the Polesskiy Institute of Plant Growing studied the productivity and structure of the components of the Polesskiy 212 SV double interline hybrid corn, in which the parental lines have pronounced marker features (type of grain, color of grain and cob core). According to these characteristics, 18 groups of components were identified in the hybrid. The continuous variability of the main quantitative traits in the main components of the population has been established. The weighted average plant productivity in the population was 103.8 g / plant. The occurrence of the main odontoid-siliceous and siliceous-toothed components is 75% with an average grain productivity of 110.1 g / plant. The incidence of unproductive genotypes with grain productivity <75 g / plant was: 0.03 in odontoid forms, 0.01 in odontoid-siliceous, 0.05 in siliceous-toothed, 0.1 in siliceous. Plants completely similar in phenotype to the В 33s maternal line were not found.

For all double interline maize hybrids, it is proposed to study the productivity and stability of their components isolated from the electrophoretic spectra of storage proteins, which will make it possible to predict the potential yield of seed lots with different hybridities.

**Key words:** corn, double interline hybrid, tooth-like and siliceous forms, productivity.

### Введение

Считается, что двойные межлинейные гибриды ( $A_{\text{ЦМС}} \times B$ )  $\times$  ( $C \times D_{\text{Rf}}$ ) менее продуктивны, чем простые и тройные межлинейные гибриды. Вместе с тем, данная формула гибридов позволяет в короткие сроки создавать новые коммерческие гибриды за счет включения в формулу новых самоопыленных линий (обычно В и С) и переводить их на новый уровень продуктивности или устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды.

В случае создания простых гибридов с высоким уровнем гетерозиса требуется 6–8 лет для перевода родительских форм на стерильную цитоплазму или введения генов фертильности Rf. Стратегия повышения потенциальной урожайности двойных межлинейных гибридов основывается именно на ускорении селекционного процесса и создании новых самоопыленных линий, обладающих высокой

комбинационной способностью и комплексом хозяйственно-ценных признаков (продолжительность вегетации, устойчивость к биотическим и абиотическим факторам внешней среды и др.).

Главным хозяйственным преимуществом двойных межлинейных гибридов кукурузы в условиях нашей республики является более выгодное и стабильное семеноводство. Так, урожайность простых гибридов – компонентов двойных межлинейных гибридов достигает 60–70 ц/га, что позволяет получать относительно дешевые гибридные семена и убирать отцовские формы на кормовые цели.

Одним из недостатков двойных межлинейных гибридов является морфологическая невыравненность гибридных растений, так как в данной формуле родительскими формами выступают простые гибриды  $F_1$ :  $A_{DMS} \times B$  и  $C \times D_{Rf}$ . Таким образом, посев двойных межлинейных гибридов представляет собой сложную генетически гетерогенную популяцию.

В связи с тем, что в данном типе гибрида теоретическое расщепление по генотипу составляет  $1AA : 2Aa : 1aa$ , 25 % особей будут гомозиготными по рецессивному признаку и существенно отличаться по своим морфологическим и хозяйственно ценным признакам. В действительности, с учетом того, что родительские формы отличаются по большому ряду признаков, а сами признаки являются результатом аллельного и неаллельного взаимодействия генов, в популяции может находиться большое количество биотипов (компонентов гибрида), существенно различающихся между собой и в первую очередь – по параметрам продуктивности и стабильности (устойчивости).

В то же время сложная генетическая структура может рассматриваться и как положительная характеристика. К селекции двойных межлинейных гибридов вновь вернулся интерес в связи с расширением органического земледелия [4]. Данный тип гибридов, способный сочетать в себе признаки устойчивости от четырех родителей, имеет неоспоримые преимущества в условиях отказа от средств защиты растений и минеральных удобрений.

Кроме того, в условиях рискованного земледелия, весенних понижений температур и частых засух, гибриды кукурузы с широкой генетической структурой оказываются более стабильными. Во многом этому способствует растянутые сроки цветения, позволяющие избежать череззерницу, наблюдающуюся вследствие стерилизации пыльцы при экстремальных температурах.

Известны высокая холодоустойчивость кремнистых линий кукурузы и жароустойчивость зубовидных форм, гибриды между которыми признаны наиболее успешными, позволяющими сочетать урожайность, стабильность и скороспелость.

В литературе имеются многочисленные данные о существенном снижении продуктивности простых гибридов кукурузы при посеве низкогибридными семенами, полученными в результате различного рода нарушений семеноводства (в первую очередь при недостаточной стерильности материнских форм или некачественном проведении кастрации) и самоопылении материнских линий (переопылении между собой). Например, в опытах И.И. Кузьмина [2] каждый процент негибридных растений в поле снижал урожай зерна на 0,7–0,8 ц/га. Проведенные в лаборатории семеноводства и семеноведения Молдавского НИИ кукурузы полевые эксперименты показали, что при снижении степени гибридности простого гибрида с 95 до 80 % урожайность уменьшалась на 10 ц/га (при средней урожайности по опыту около 75 ц/га и густоте стояния 50 тыс. растений/га) [1].

Урожайность двойных межлинейных гибридов определяется не только гибридностью семян – наличием в посеве самоопыленных линий, но также соотношением и продуктивностью других компонентов гибридов. В свою очередь продуктивность компонентов зависит от генетических факторов, а их соотношение – от генетических и технологических.

Вместе с тем данная проблема в нашей республике разработана недостаточно. В литературе мы не находим экспериментальных данных по наличию компонентов двойных межлинейных гибридов отечественной и зарубежной селекции, производимых в нашей республике, по их соотношению и продуктивности. Не получила достойной теоретической разработки и проблема размещения материнских и отцовских форм на семеноводческих посевах.

В идеале все компоненты двойного межлинейного гибрида, будучи генетически разнородными, должны быть морфологически схожими между собой по фенотипу. Этим будет достигаться технологичность возделывания, избегание взаимной конкуренции в посеве и получение высокого урожая. Но если в простых гибридах все получаемое зерно является кремнисто-зубовидным, то в двойных межлинейных гибридах оно значительно различается, что вызывает нарекания у сельхозпроизводителей и заготовителей зерна.

Примечателен в этом отношении кремнисто-зубовидный двойной межлинейный гибрид *Полесский 212 СВ*, широко возделываемый в Республике Беларусь. При его семеноводстве в производстве часто

возникают вопросы в связи с невыравненностью растений и неоднородностью зерна. Малопродуктивные растения с кремнистым зерном относят к самоопыленным линиям, а зубовидные формы – к примеси отцовской формы.

В то же время с научной точки зрения данный гибрид заслуживает внимания, как удобный модельный объект для исследований по оценке продуктивности сложных гибридов и их компонентов.

#### **Основная часть**

Исследования проводились в 2010 г. на базе РНДУП «Полесский институт растениеводства». Объектом исследований являлся гибрид кукурузы *Полесский 212 СВ*. В эксперименте были использованы семена с долей гибридности 83 %, произведенные в 2009 г. в сырьевой зоне Мозырского кукурузокалибровочного завода.

Гибрид *Полесский 212 СВ* двойной межлинейный, среднеранний (ФАО 210), кремнисто-зубовидный, семеноводство ведется на стерильной основе (С-тип). Самоопыленные линии, входящие в состав гибрида, являются резко контрастными по своим морфологическим признакам, то есть обладают маркерными признаками.

Материнская родительская форма – простой гибрид *Янина С* (БЛ 33с x БЛ 39/96) имеет кремнистый тип зерна красного цвета, продолжительность вегетационного периода 105 дней. Красный цвет зерна и стержня початка обусловлен наличием линии БЛ 39/96 и может служить маркерным признаком гибридности семян. Стерильная цитоплазма, желтый цвет зерна и кремнистая консистенция зерна является маркерными признаками линии БЛ 33с.

Отцовская родительская форма – простой гибрид *Якуб СВ* (БЛ 82 x БЛ 78). Все самоопыленные линии гибрида имеют зубовидный тип зерна желтого цвета и белый цвет стержня початка.

Исследования включали идентификацию генотипа методом электрофореза запасных белков [3] и грунт-контроль данных генотипов по основным апробационным признакам с последующей оценкой их зерновой продуктивности. Показателем зерновой продуктивности принята масса зерна с одного початка.

Для исключения взаимной конкуренции посадка семян кукурузы, полученных из протестированных семян, производилась на однорядковой делянке с разреженной густотой (междурядье 1,4 м, расстояние между растениями 0,3 м).

Уборка растений проводилась при достижении 30 % влажности зерна. Растения изучались по морфологическим признакам и количественным признакам. Тип зерна, окраска зерна и стержня початка определялись визуально. Для формализации качественных показателей использовались следующие балльные шкалы:

тип зерна: зубовидная – 1, кремнистая – 4;

окраска зерна: желтая 1–4, оранжево-красная 5–7, красная 8–10;

окраска стержня початка: белая – 1, розовая – 3, красная – 5.

Учет основных количественных признаков – высоты растений, количества зерен и массы зерна от 1 растения показал, что они формируют непрерывные вариационные ряды, т. к. наследуются по типу полимерии (рис. 1). Так, в популяции встречается по одному растению, имеющих крайние значения по признаку «массы зерна с 1 растения» (179 г и 33 г). Если малопродуктивное растение является самоопыленной линией и по своим морфологическим признакам и электрофоретическому спектру схожа (но не идентична) родительской линии БЛ 33с, высокопродуктивное растение имело материнские и отцовские белковые маркеры, обладало зубовидной формой зерна, оранжево-красной окраской зерна и розовым цветом стержня початка. С некоторым допущением последнюю гибридную форму можно отнести к положительной трансгрессии. Подобные формы отмечены и по другим количественным признакам.

Вместе с тем на рис. 1 можно заметить небольшую дискретность – ступенчатый характер изменения рассматриваемых количественных признаков, что указывает на наличие внутри гибридной популяции отдельных групп компонентов (биотипов), сходных по тому либо другому признаку.

На рис. 2 представлено распределение растений с различной массой зерна с 1 початка. Несимметричная форма распределения может быть связана со сложной генетической структурой популяции, а также с наличием «сортовой примеси» – самоопыленных линий.

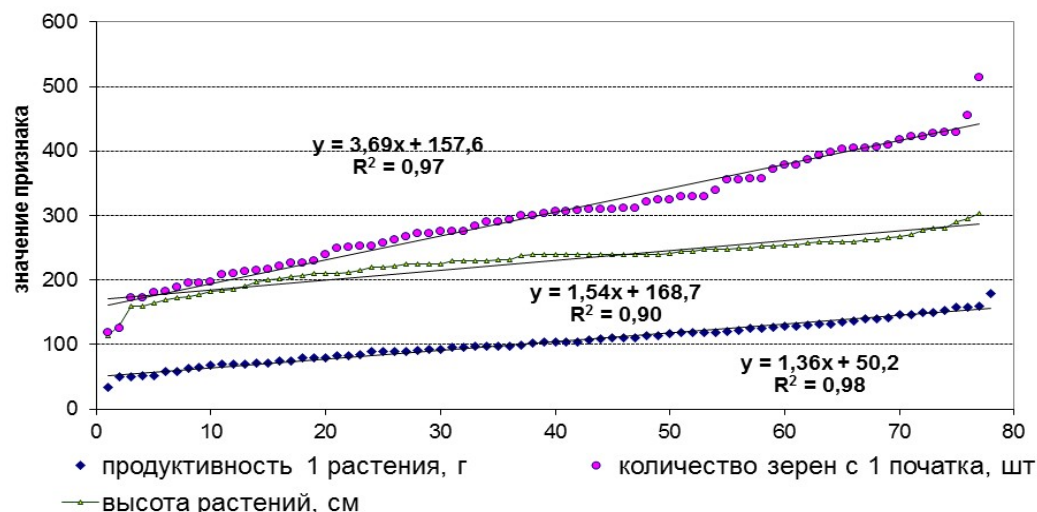


Рис. 1. Изменчивость количественных признаков в гибридной популяции *Полесский 212 СВ*



Рис. 2. Количество растений с различной массой зерна с 1 початка в гибриде *Полесский 212 СВ*

По основным апробационным признакам (тип зерна, окраска зерна и стержня початка) растения гибридной популяции были классифицированы на 18 групп (табл. 1).

Таблица 1. Встречаемость фенотипов в популяции гибрида *Полесский 212 СВ*, доля

Тип зерна	Окраска стержня початка	Окраска зерна			Всего
		желтая	оранжево – красная	красная	
Зубовидный	Белая	0,03	–	–	0,05
	Розовая	0,01	0,01	–	
Зубовидно-кремнистый	Белая	0,08	0,04	–	0,26
	Розовая	0,01	0,09	0,04	
Кремнисто-зубовидный	Белая	0,06	0,17	0,05	0,48
	Розовая	0,08	0,08	0,04	
Кремнистый	Белая	–	0,08	0,03	0,21
	Розовая	–	0,08	0,03	
Всего	Белая	0,17	0,29	0,08	1,00
	Розовая	0,10	0,26	0,10	
Всего		0,27	0,55	0,18	1,00

Установлено, что в группе зубовидного зерна отсутствовали оранжево-красные зерна, а в кремнистом – желтые.

Внутри каждой группы растения различались по количеству рядов зерен в початке, форме початка, количеству семян в початке, а также по высоте растений и продолжительности вегетационного

периода. Это обусловило большую вариацию основного хозяйственного признака – зерновой продуктивности растений в каждой группе фенотипов.

Наиболее продуктивными оказались зубовидные компоненты, но их встречаемость в популяции составляет около 5 %. Зерновая продуктивность зубовидно-кремнистых и кремнисто-зубовидных форм существенно не различалась, но растения, имеющие желтую окраску зерна превзошли другие фенотипы в данных группах на 18,5 %. Наименее продуктивными оказались кремнистые формы, имеющие красную окраску зерна (табл. 2).

Таблица 2. Зерновая продуктивность фенотипов в популяции гибрида *Полесский 212 СВ*, г/растение

Тип зерна	Окраска стержня початка	Окраска зерна			В среднем	
		желтая	оранжево – красная	красная		
Зубовидный	Белая	<u>50,0*</u> 50...50	–	–	127,3	
	Розовая	<u>153,0</u> 153	<u>179,0</u> 179	–		
Зубовидно-кремнистый	Белая	<u>116,8</u> 89...146	<u>102,0</u> 64...149	–	111,8	110,1
	Розовая	<u>128,0</u> 128	<u>111,4</u> <u>80...158</u>	<u>100,6</u> 69...120		
Кремнисто-зубовидный	Белая	<u>113,6</u> 83...137	<u>102,4</u> 33...146	<u>103,0</u> 89...111	108,7	
	Розовая	<u>136,2</u> 92...158	<u>100,3</u> 51...159	<u>96,7</u> 70...122		
Кремнистый	Белая	–	<u>88,7</u> 59...131	<u>73,5</u> 51...96	80,1	
	Розовая	–	<u>92,2</u> 63...127	<u>66,0</u> 58...74		
В среднем	Белая	93,5	97,7	88,3	103,8 **	
	Розовая	139,1	120,7	87,8		
В среднем		116,3	110,9	88,0		

Примечание: \* – в числителе – среднее по группе, в знаменателе – диапазон варьирования; \*\* – средневзвешенное значение по всей выборке.

Средневзвешенная продуктивность растений в гибридной популяции составила 103,8 г/растение. В группе компонентов, имеющих кремнистое зерно, не оказалось растений, полностью схожих по фенотипу с материнской линией Б 33. Наличие оранжево-красной и красной окраски зерна и розового цвета стержня свидетельствует о присутствии в популяции гомозиготных гибридных генотипов. Встречаемость малопродуктивных генотипов с зерновой продуктивностью < 75 г/растение по группам форм зерна (зубовидная, зубовидно-кремнистая, кремнисто-зубовидная, кремнистая) составила, соответственно, 0,03 – 0,01 – 0,05 – 0,1, по всей популяции в общем – 0,19.

### Заключение

Таким образом, посев двойного межлинейного гибрида *Полесский 212 СВ* представляет собой сложную гетерогенную популяцию, содержащую в своей структуре около 75 % зубовидно-кремнистых и кремнисто-зубовидных форм, существенно различающихся между собой по морфологическим признакам и по продуктивности. Это соотношение соответствует теоретически ожидаемому расщеплению фенотипов.

Определение диапазона варьирования удельного веса кремнистых и зубовидных компонентов в посевах двойных межлинейных гибридов требует дальнейшего изучения. Представляет интерес определить продуктивность и стабильность всех компонентов гибридов с учетом их группирования по белковым спектрам (наличию тех или иных белковых маркеров). Это позволит прогнозировать потенциальную урожайность партий семян двойных межлинейных гибридов кукурузы с различной гибриднойностью.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Использование метода электрофореза зеина для контроля качества семян кукурузы / Информационный листок. Рубрика ГАСНТИ – 68.35.29. – Молдавский научно- исследовательский институт научно – технической информации и техники – экономических исследований – 1990. – 4 л.

2. Кузьмин, И. И. Научное обоснование повышения уровня гибридности семян кукурузы и технологии послеуборочной их обработки на заводах: авторефер. дис. на соиск. науч. степ. доктора сельскохозяйственных наук (06.01.05) / Иван Иванович Кузьмин. Москва, 1999. – 80 л.

3. СТБ 1710 – 2006 «Семена кукурузы. Метод определения уровня гибридности семян первого поколения, оценка типичности и маркирование инбредных линий».

4. Bueren, E. T. Organic plant breeding and propagation: concepts and strategies. Wageningen Universiteit. Promotor: Prof.Dr.Ir. P.C. Struik en Prof.Dr.Ir. E. Jacobsen, 2002 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.louisbolck.org/downloads/1310.pdf> (дата обращения: 12.06.2021).