



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

# КУКУРУЗА И СОРГО

# МайсТер®

# МайсТер®

Мастер на кукурузном поле

 Bayer CropScience

**4/2010**

**октябрь - декабрь**

**В НОМЕРЕ:**

*Наука - производству*

*Селекция и семеноводство*

*В записную книжку агронома*

на правах рекламы





УДК 633.15:519.237

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

**Г.В. МАТВЕЕВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела крупяных культур

**Л.Ю. НОВИКОВА**, кандидат технических наук, заведующий отделом информационно-технического обеспечения

**В.Б. КОРНЕЕВ**, аспирант

ГНУ ГНЦ РФ ВИР им. Н.И.Вавилова; E-mail: g.matveeva@vir.nw.ru

*Приводятся результаты исследований 120 гибридных комбинаций, созданных на основе трех простых материнских гибридов, с различными образцами коллекции кукурузы последних лет поступления. Выделены источники высокого гетерозиса продуктивности, раннеспелости, длинного початка, большего количества рядов зерен на початке. В исследовании использованы методы многомерного статистического анализа – дисперсионный, факторный анализ.*

**Ключевые слова:** коллекция кукурузы, линии, гибриды, гетерозис, многомерные статистические методы, факторный анализ.

Коллекция кукурузы ВИР регулярно пополняется новым селекционным материалом, требующим исследования его комбинационной способности и других хозяйственно ценных признаков.

Цель данной работы – поиск ценных источников среди линий по составным элементам продуктивности и вегетационного периода, выявление различий между гибридами и их материнскими формами статистическими методами, в том числе многомерной статистики.

### Материалы и методы

В 2006 г. проведены скрещивания 97 самоопыленных линий кукурузы с тремя стерильными простыми гибридами с целью определения комбинационной способности и выявления ценных свойств линий. В 2007 г. в полевых условиях Майкопской опытной станции ВИР, расположенной в предгорной зоне Северного Кавказа Краснодарского края, в 25 км южнее г. Майкопа, изучали 120 полученных гибридов F1 в однократной повторности. Материнские формы (простые гибриды) использовали в качестве стандартов: St1 в 5-кратной, St2 и St3 в 4-кратной повторностях. Гибриды F1 и стандарты высевали на площади 5 м<sup>2</sup>. Для удобства сравнения семей и наглядности графиков отцовские формы обозначили номерами делянок. В дальнейшем при анализе номера расшифровали.

Фенологические наблюдения и промеры гибридов кукурузы F1 и стандартов проведены по количественным признакам.

Впервые вместо употреблявшегося ранее признака «количество листьев на растении», как показателя вегетационного периода, применили признаки – «количество междоузлий до хозяйственно годного початка» и «число междоузлий на растении».

В базе данных для каждого гибрида представлены материнская и отцовская формы, подвид. Цвет стержня и зерна представлен в виде бинаров: введены показатели «желтый цвет зерна» и «желтый и белый цвет зерна», «белый цвет стержня початка» и «красный цвет стержня початка». Результаты полевых испытаний внесены в оценочную базу данных в СУБД Access.

Условия опыта: погодные условия 2007 г. благоприятны для роста и развития растений. Отличительная особенность опыта – отсутствие фертильных пыльников на мужских соцветиях на раннеспелых гибридах. Это привело к тому, что определилась группа из 9 раннеспелых гибридов с малым количеством зерна на початках (череззерница), на которых невозможно было провести подсчет рядов зерен и определить число зерен в ряду. Рядом с экспериментальным посевом не было других растений кукурузы, которые могли бы опылить изучаемые гибриды.

Для анализа структуры пространства признаков оценивали парные линейные корреляции признаков. Для сравнения групп материнских форм и их гибридных комбинаций использовали однофакторный дисперсионный анализ. Наличие однородных групп в исследуемой совокупности изучали с помощью факторного анализа. Статистическую обработку проводили в программе Статистика 6.0.

### Базовые статистические характеристики исследованной совокупности

Для характеристики исследуемой совокупности признаков, оценки ее однородности была проведена базовая статистическая оценка признаков. Их средние значения, коэффициенты вариации и размах изменчивости приведены в табл. 1.



Таблица 1. Изменчивость признаков 123 гибридов кукурузы

Название признака	Среднее	min	max	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации, %	Размах
Число початков с делянки	17,8	11,0	24,0	2,2	12,3	13,0
Масса початков, г	3643	1500	7500	849	23,3	6000
Масса одного початка, г	189,7	75,0	375,0	42,5	22,4	300,0
Череззерница	0,4	0,0	1,0	0,5		1,0
Высота растения, см	170	130	205	16	9	75
Высота прикрепления початка, см	48,5	24,0	75,0	11,6	24,0	51,0
Длина ножки початка, см	10,2	4,0	18,3	2,9	28,6	14,3
Число междоузлий до початка	5,2	3,0	8,0	1,0	20,1	5,0
Число междоузлий на растении	9,8	6,3	13,0	1,4	14,2	6,7
Количество веточек на мужских соцветиях	11,2	4,3	21,7	3,2	28,8	17,3
Период от всходов до цветения, дни	51,5	36,0	63,0	6,1	11,8	27,0
Число рядов зерен на початке	13,3	10,0	20,0	2,1	15,7	10,0
Длина початка, см	19,1	12,0	29,0	1,9	10,1	17,0
Частота желтого цвета зерна	0,8	0,0	1,0	0,4		1,0
Частота желтого и белого цвета зерна	0,2	0,0	1,0	0,4		1,0
Частота белого стержня	0,1	0,0	1,0	0,1		1,0
Частота красного стержня	0,9	0,0	1,0	0,3		1,0

По всей совокупности гибридов средняя масса початков находится в пределах от 3,0 до 4,0 кг с равнозначной уборочной площади для всех гибридов. Исключением был гибрид Г1×VC143, масса его 20 початков составила 7,5 кг. Результаты изучения гибридов от скрещиваний свидетельствуют о том, что эта линия проявила себя по отношению к материнской форме комплиментарно, способствуя высокому гетерозису урожая початков с делянки. Линию VC143 можно использовать в селекции, как источник высокой комбинационной способности на продуктивность.

Размах периода гибридов от всходов до цветения початков составил от 36 до 63 дн. Мода распределения находится в интервале от 50 до 55 дн. при наибольшем значении 44 гибридов кукурузы. Наиболее раннеспелыми (этот период 35 – 40 дн.) оказались три гибрида кукурузы Г2×ASD, Г2×1174, Г2×TF907. Видно, что совокупность гибридов кукурузы неоднородна. Выделяются 2 подгруппы: раннеспелая и позднеспелая. Раннеспелая группа в основном образована гибридами кукурузы на основе материнской формы St2, которые характеризовались череззерницей. Череззерница была отмечена у 40% гибридов (55 раннеспелых гибридов), где в качестве материнской формы использовали гибрид St2. Наиболее позднеспелой оказалась группа гибридов кукурузы с материнской формой St1.

Наименьшие початки (длина 12 см) имели два гибрида, около 90 гибридов кукурузы образовали

початки длиной в пределах 18,8 - 20,5 см, что говорит об однородности оцениваемых гибридов и их начальных родительских источниках. Исключением был лишь один гибрид Г3×S61, который на гистограмме расположился отдельно и сформировал длинные початки – 27-29 см.

Число рядов зерен на початке – постоянный признак любого образца кукурузы. В нашем опыте большинство гибридов кукурузы имели 12 - 14 рядов зерен на початке, три гибрида образовали по 18 рядов зерен и лишь два гибрида (Г1×Поз41, Г3×Вз39) – по 20 рядов зерен на початке.

#### Анализ парных коррелятивных связей составных элементов продуктивности

Коэффициенты корреляции между признаками широко используют в селекции различных сельскохозяйственных культур для облегчения поиска необходимых генотипов. Это позволяет ускорить селекционный процесс при создании новых, различных типов растений. Многие исследователи кукурузы уже в начале 70 годов прошлого столетия установили положительные корреляции между продуктивностью и признаками початка, длиной, диаметром, массой початка, количеством рядов зерен и зерен в ряду и т.д. [1, 2, 3, 4].

Корреляционный анализ показал наличие сильных значимых (на 5%-м уровне значимости) коррелятивных связей между основными составными компонентами продуктивности, вегетацион-



ным периодом от всходов до цветения початка, высотой прикрепления початка, что подтверждают проведенные ранее данные вышеуказанных авторов.

Масса початков кукурузы положительно коррелировала: с высотой растения ( $r=0,49$ ), высотой прикрепления початка ( $r=0,37$ ), числом междоузлий до заложения хозяйственно годного початка ( $r=0,38$ ), числом всех междоузлий на растении ( $r=0,4$ ), количеством веточек на мужских соцветиях ( $r=0,40$ ), длиной периода вегетации ( $r=0,34$ ), массой одного початка ( $r=0,94$ ).

Вегетационный период от всходов до цветения початка положительно коррелирован: с высотой растения ( $r = 0,53$ ) и высотой прикрепления початка ( $r = 0,56$ ), числом междоузлий до заложения хозяйственно годного початка ( $r = 0,55$ ) и числом всех междоузлий на растении ( $r = 0,54$ ), массой одного початка ( $r = 0,38$ ). Отрицательно коррелирован вегетационный период с числом зерен на початке и череззерницей ( $r = -0,38$ ), длиной початка ( $r = -0,18$ ).

Высота прикрепления початка положительно коррелирована с высотой растения ( $r = 0,73$ ), числом междоузлий до початка ( $r = 0,79$ ), числом всех междоузлий ( $r = 0,75$ ).

Число междоузлий до початка – междоузлий всего ( $r = 0,87$ ).

Число зерен в ряду – длина початка ( $r = 0,76$ ).

Желтый цвет зерна – красный стержень – ( $r = 1,0$ ) – только такие початки на растениях.

**Однофакторный дисперсионный анализ гибридов кукурузы по материнской форме, включая стандарты**

С целью определения общей комбинационной способности исходных материнских гибридных форм и самоопыленных линий был проведен однофакторный дисперсионный анализ. Сравнение проводили между 6 группами: три материнских исходных гибрида, именуемые в дальнейшем стандарты St1, St2, St3, и Г1, Г2, Г3 (120 созданных на их основе гибридов кукурузы). Анализ результатов полевой оценки показал достоверные (на 5%-м уровне значимости) отличия исследованных групп по всем оцениваемым признакам, кроме цвета стержня, зерна и длины початка.

Для выявления наиболее перспективных для селекции по важнейшим хозяйственно ценным признакам материнских гибридов перешли к детальному анализу групп (табл. 2). При равных условиях достоверно наибольшие средние значения (см. рисунок) показал гибрид Г3 (4252 г), превысивший гибридные формы Г1 (3771 г), Г2 (3019 г) и свою материнскую родительскую основу St3 (3400 г).

Наиболее раннеспелыми среди всей совокупности опыта оказались гибриды кукурузы Г2, достоверно наименьший вегетационный период до цветения початков которых составил 45 дн.; доверительный интервал 44,0 – 46,2 дня. За ним следуют гибриды кукурузы Г3 – 51,7 дня, доверительный интервал 49,9 – 53,5 дня.

**Таблица 2. Среднее, стандартная ошибка значений признаков для материнских форм и их гибридов**

Признак	St1	Г1	St2	Г2	St3	Г3
Число образцов в группе	5	55	4	38	4	27
Масса всех початков, г	4240±213	3771±117	3050±368	3019±111	3400±141	4252±85
Череззерница	0±0	0,2±0,1	0,3±0,3	0,7±0,1	0,5±0,3	0,4±0,1
Высота растения, см	175,5±4,3	179,5±1,8	155,4±2,9	159,2±2,3	149±6,7	169,5±2
Высота прикрепления початка, см	53,7±3,1	57±1,3	39,1±1,5	40±1,4	32,3±1,7	46,1±1,5
Длина ножки початка, см	10,2±0,8	9,1±0,4	10,1±1,3	11±0,5	12±1,6	10,7±0,5
Число междоузлий до початка	5,8±0,3	6±0,1	3,9±0,1	4,3±0,1	4,1±0,1	5±0,1
Число междоузлий на растении	10,8±0,4	10,8±0,2	8,4±0,2	8,6±0,2	8,8±0,1	9,6±0,1
Количество веточек на мужских соцветиях	7,6±0,8	11,1±0,4	6,8±0,6	10,4±0,5	11,6±1,5	13,8±0,4
Период от всходов до цветения, дн.	57±2,1	55,8±0,5	46,7±2,8	45±0,6	49,7±2,8	51,7±0,9
Число рядов зерен на початке	10,7±0,7	12,4±0,3	14,7±0,7	13,7±0,3	16±0	14,7±0,3
Длина початка, см	18,6±0,5	18,6±0,3	18,8±0,9	19,2±0,3	19,5±0,3	19,9±0,4
Частота желтого цвета зерна	1±0	0,6±0,1	1±0	0,9±0	1±0	0,7±0,1
Частота желтого и белого цвета зерна	0±0	0,3±0,1	0±0	0,1±0	0±0	0,2±0,1
Масса зерна с 1 растения, г	228,1±10,4	195,8±5,4	168,3±12,5	156,1±6	172,5±9,5	221,9±4,4

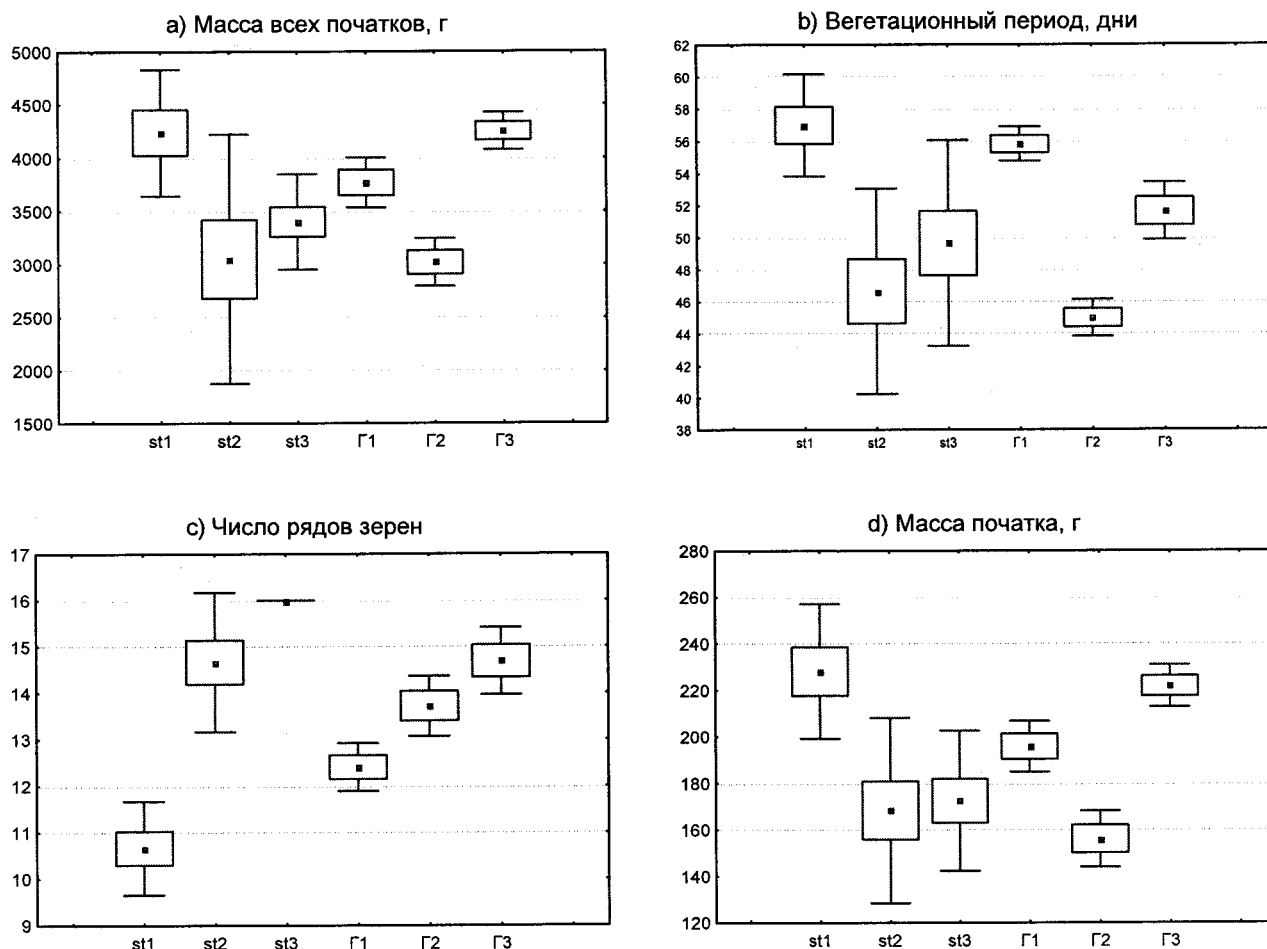


Рисунок. Средние значения, стандартные ошибки средних и 95%-й доверительный интервал для основных хозяйственно ценных признаков гибридов Г1, Г2, Г3 и их стандартов St1, St2, St3.

Наибольший вегетационный период имели гибриды кукурузы Г1 – 55,8 дня, доверительный интервал 54,7 – 56,8 дня. Вегетационный период от всходов до цветения початков гибридов не отличается от их материнских форм.

Составной показатель элементов продуктивности – число рядов зерен на початке. Наибольшее число рядов зерен среди оцениваемых гибридов имели гибриды Г3 (14,7), остальные гибриды Г1 (12,4), Г2 (13,7) достоверно различались лишь с Г1. При сравнении этого признака со стандартами видно, число рядов зерен снизилось с 16 у St3 до 14-15 у Г3 и увеличилось у Г1 (12-13) по сравнению с St1 (10-11). Возможно, это произошло за счет взаимодополняющего сочетания генов линии кукурузы В339 и St3, с участием которых создан гибрид Г3 × 1514, способный формировать 20 рядов зерен на всех початках данной комбинации. Отсюда следует, что линию кукурузы В339 можно использовать в качестве источника при создании гибридов с большим числом рядов зерен на початке.

Наибольшую массу зерна с растения образовал Г3 (221,9 г), достоверно отличаясь от Г1

(195,8 г) и немного превышая, но недостоверно, Г2 (172,5 г). Гибриды кукурузы Г3 достоверно превысили материнскую форму St3 (172,5 г).

Сравнение материнских гибридов (St1, St2, St3) и их гибридных потомств (Г1, Г2, Г3) свидетельствует, что родительские гибриды St1, St2, St3 имели большой генетический потенциал исходных родителей и при внесении другой генетической плазмы других линий, не могли быть улучшены.

#### Факторный анализ

С целью определения степени близости оцениваемых трех простых материнских родительских гибридов St1, St2, St3 и созданных на их основе трехлинейных гибридов Г1, Г2, Г3 по совокупности 18 изученных показателей был проведен факторный анализ. Он проводился в программе Статистика 6.0 методом анализа главных компонент.

Для объяснения 70% дисперсии всех гибридов необходимо 5 факторов. Анализ факторных нагрузок показывает, что первый фактор, наилучшим образом дифференцирующий исследуемую совокупность, может быть интерпретирован



как высота растений и блок связанных с ней признаков, второй – как масса зерна, третий – цвет зерна, четвертый – цвет стержня, пятый – длина ножки початка и длина початка.

В пространстве первых двух факторов гибриды и их родительские формы, стандарты образуют пересекающиеся эллипсоиды. Кроме того, среди всех гибридов есть выделяющиеся формы:

$G1 \times 1025 = G1 \times AG40$  – один из всех гибридов имел белый цвет стержня початка, получен от скрещивания St1 с белозёрной линией кукурузы AG40.

$G2 \times 1029 = G2 \times Om16$  образовал наименьшую массу одного початка – 75 г.

$G3 \times 1580 = G3 \times S61$  – с наибольшей длиной початка – 29 см.

$G1 \times DO29 = G1 \times VC143$  – с наибольшей массой зерна с одного початка (375 г) и давший наибольшую массу початков (7,5 кг) с уборочной площади.

$G1 \times 1516 = G1 \times Поз41$  и  $G3 \times 1514 = G3 \times Вз39$  образовали наибольшее число (20) рядов зерен на початках.

Рассматривая расположения гибридов относительно их родительской материнской основы, нами был проведен факторный анализ каждой комбинации гибридов.

Все гибриды группы G1 и их стандарты St1 расположились близко друг от друга. Отдельно дистанцировалась группа гибридов, расположенная с левой стороны с индексом «ДО»: гибриды G1xDO образованы с использованием пыльцы кукурузы с белым зерном.

Кроме них довольно далеко дистанцировались от своего стандарта St1 комбинации с участием лопающейся кукурузы:  $G1 \times 1025 = G1 \times AG40$ ,  $G1 \times 1016 = G1 \times Ja12$ .

При общем компактном расположении гибридов G2 вокруг материнской основы St2 выделяются 3 гибрида:  $G2 \times 1573 = G2 \times 4519-41$  (лопающаяся),  $G2 \times 1222 = G2 \times LB13$  (зубовидная мелкозерная),  $G2 \times 1014 = G2 \times 1480/56$  (лопающаяся), отличающиеся низкой массой 1000 зерен и желто-белым цветом зерна.

Раннеспелые линии St3 по всей совокупности признаков разделились на 2 группы. Кроме того, выделились группы раннеспелых гибридов:  $G3 \times 1415 = G3 \times AG182$  (лопающаяся),  $G3 \times 1515 = G3 \times Am$  (зубовидная),  $G3 \times 1534 = G3 \times ХЛГ38$  и  $G3 \times 1162 = G3 \times P306$ ,  $G3 \times 1026 = G3 \times AG44$  (лопающаяся),  $G3 \times 1514 = G3 \times Вз39$  (20 рядов зерен на початке).

Таким образом, факторный анализ подтверждает сделанные с помощью дисперсионного анализа выводы: по совокупности всех признаков наибольшее различие между материнскими и гибридными формами наблюдается у G3 – все 4 повторных наблюдения материнской формы St3 лежат компактно вместе и отдельно от гибридов. По массе всех початков и массе одного початка гибридные комбинации G3 превзошли родительскую форму St3.

### ВЫВОДЫ

1. Методы многомерного статистического анализа позволяют определить линии, сорта, перспективные для высокогетерозисной селекции по совокупности признаков.

2. Селекционерам можно рекомендовать для получения гибридов источники:

- продуктивности - линию VC143,
- раннеспелости - линии Om16, B36, ХЛГ308, Ух1, Уч20, Ma11,
- длинного початка - линию S61,
- большего числа рядов зерен на початке - линию Вз39.

3. Признак «число междоузлий до початка» предлагаем использовать при промерах вместо подсчета числа листьев до хозяйственно годного початка. Его преимущество - простота, она дает идентичную информацию, что подтверждено результатами корреляционного анализа.

4. Материнские формы St1 и St2 имели очень сильных родителей. При внесении новой генетической плазмы не отмечено значимого гетерозиса.

5. Линии, участвовавшие в создании St3, имели менее сильных родителей, и влияние генетической плазмы линий коллекции ВИР положительно повлияло на длину початка и количество рядов зерен на початке.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грушка Я. Монография о кукурузе. // М.: Колос. 1965. - 462 С.
2. Козубенко В.Е. Изучение корреляций между признаками гибридов и их родительских форм // Кукуруза. 1966. - №1. - С. 25 – 26.
3. Мусийко А.С. Корреляция признаков у самоопыленных линий и гибридов кукурузы /А.С. Мусийко, В.Ф. Трофимов // Вестник с.-х. науки. 1965. №2. С. 114-118.
4. Терентьев П.В. Методы корреляционных плеяд. // Вестник ЛГУ. 1959. №9. В.2. С.137-141.

## THE STATISTICAL ANALYSIS OF ELEMENTS OF PRODUCTIVITY OF CORN HYBRIDS

*Matveyeva G.V., Novikova L.Y., Korneyev V.B.*

*Results of researches of 120 hybrid combinations created on the basis of three simple parent hybrids, with various samples of a collection of corn of last years of receipt are resulted. Sources high heterosis of productivity, earliness, a long ear, a large numbers of grains on an ear are allocated. In research analysis of variance, factorial analysis are used.*

**Keywords:** *a collection of corn, a line, hybrids, heterosis, statistics, factor analysis.*