

DOI 10.37539/2949-1991.2024.1.12.004
УДК 633.15

Зайцев Сергей Александрович,
Кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ
Российский научно-исследовательский и проектно-технологический
институт сорго и кукурузы «Россорго», г. Саратов

Лёвкина Альбина Юрьевна,
Кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ
Российский научно-исследовательский и проектно-технологический
институт сорго и кукурузы «Россорго», г. Саратов

Бабушкин Денис Дмитриевич, ФГБНУ
Российский научно-исследовательский и проектно-технологический
институт сорго и кукурузы «Россорго», г. Саратов

Рожков Павел Юрьевич, ФГБНУ
Российский научно-исследовательский и проектно-технологический
институт сорго и кукурузы «Россорго», г. Саратов

КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ИНЦУХТ-ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПОЛЕГАНИЮ

Аннотация: В статье приводится анализ результатов изучения комбинационной способности исходного материала по толщине стебля как одного из факторов, влияющих на устойчивость к полеганию. Указаны показатели комбинационной способности и компоненты генетической дисперсии. Выявлены перспективные формы по исследуемому показателю.

Ключевые слова: кукуруза, самоопыленные линии, гибрид, комбинационная способность, диаметр стебля, генетическая дисперсия.

Селекционно-семеноводческий процесс предусматривает получение новейших высокоурожайных гибридов кукурузы с технологическими свойствами, обеспечивающими механизированную уборку. Важнейший из параметров, которые обеспечивают адаптивность растений к механизированной обработке является устойчивость растения к полеганию. От величины данного признака в большой степени зависит качество и результат уборки большинства зерновых и крупяных культур, поскольку уменьшаются прямые и косвенные потери зерна. Однако, устойчивость стебля к полеганию зависит от многих факторов: структурой питания, строения стебля, восприимчивости к болезням, густотой стояния растений и т.д [1].

Как правило, устойчивость к полеганию оценивают в баллах в полевых условиях, не учитывая, что на результат оценки оказывает влияние значительное количество морфологических признаков: высота растения, толщина стебля, масса стебля и листьев, размеры и масса метелки, отношение высоты растения к диаметру нижнего междоузлия и т.д [2]. Определенное значение для селекции на устойчивость растений к полеганию имеют количественные признаки второго от корня междоузлия – длина, масса, диаметр, толщина стенки, которые напрямую показывают степень развития механических тканей стебля и косвенно характеризуют устойчивость растений к полеганию [3]. По мнению некоторых исследователей, устойчивость к полеганию возрастает при уменьшении нагрузки на нижнее



междоузлие. В связи с чем, показатели диаметра стебля нижнего междоузлия могут рассматриваться как критерии для оценки устойчивости растений к полеганию [4]. При этом, важной составной частью селекционной работы, помогающей выявить перспективные линии, является анализ общей комбинационной способности количественных признаков [5].

Материал и методика. Полевой опыт проводился в 2022 г. на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Климат региона характеризуется как резко континентальный. ГТК в 2022 г. составил 0,71 (таблица 1). Почва опытного участка – чернозем южный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый.

Таблица 1

Метеорологические данные периода вегетации

Год	Сумма активных температур, 0С	Осадки, мм	ГТК
2022 г.	2118,0	151,3	0,71
Среднегодовое	2108,0	183,0	0,87

Изучение комбинационной способности по признаку «толщина стебля» проводилось в 2022 г. В эксперимент включены простые гибриды (120 комбинации), полученные по диаллельной схеме 16 гомозиготных линий. Повторность – трехкратная. Учетная площадь делянки 7,7 м²; длина делянки 5,5 м. Густота стояния растений (45 тыс. растений/га). Агротехника в опыте – зональная, разработанная в ФГНУ РосНИИСК «Россорго». Для проведения учетов, наблюдений и оценки эффекта ОКС и дисперсии СКС изучаемых линий, использовались соответствующие методики [6, 7].

Результаты исследований. В 2020 г. толщина стебля у самоопыленных линий варьировала от 1,47 см до 2,43 см (таблица 2). Среднегрупповые значения гибридов изменялись от 4,84 мм до 6,3 мм. Ранжирование по средним значениям признака выявило следующую последовательность расположения линий: Ук12Д2 < Х46 < Бг 1266 < Мк 11 < РСК 7 < РСК 3 < Мк 130 У < Од 28 < ЛВ 32 < РН 26 < КС 25 < РСК 25 < Ом 255 < Ом 232 < ЮВ 19 < СЛ 7. При ранжировании линий по среднегрупповым значениям гибридов и эффекту ОКС выявлена определенная стабильность у линий Ук12Д2, РСК 125, Ом 255, РСК 3, Бг1266, Од28. Анализ результатов указал на наличие высоких значений эффекта ОКС по толщине стебля у линий Мк 130 У (1,68), РСК 7 (1,04). Близкими к высоким значениям показателями охарактеризовались линии Мк 11 (0,67), Ом 255 (0,61), Х46 (0,63). Высокими значениями дисперсии СКС отличились линии РН 26 (7,09), Мк 130 У (6,22), Мк 11 (5,45), Ук12Д2 (6,01), Од 28 (5,44), что указывает на возможности отбора перспективных комбинаций при участии данных линий.

Таблица 2

Толщина стебля растения кукурузы и параметры комбинационной способности линий, см

Линия	L*	F1*	Эффект ОКС	Дисперсия СКС
РН26	2,04	2,15	-1,46	7,09
МК 130 У	1,85	2,55	1,68	6,22
МК 11	1,81	2,44	0,67	5,45
Ук12Д2	1,47	2,19	-1,71	6,01
РСК 25	2,15	2,34	0,28	3,22
Ом 255	2,19	2,38	0,61	2,20
Х46	1,78	2,43	0,63	4,27
РСК 7	1,83	2,48	1,04	4,24
СЛ 7	2,43	2,38	0,08	4,94



КС 25	2,06	2,27	-0,20	4,75
ЮВ19	2,33	2,26	-0,56	2,35
РСК 3	1,84	2,33	-0,19	1,04
Бг 1266	1,80	2,24	-0,98	1,38
ЛВ32	2,02	2,31	-0,10	2,13
Од 28	1,91	2,34	0,02	5,44
Ом 232	2,28	2,32	0,22	2,52
Среднее значение	1,99	2,34	0,00	3,95
Ффакт	13,0		25,0*	11,5*
НСР	0,21		0,69	

*Примечание: L – среднее значение самоопыленной линии , F1 – среднегрупповое значение гибридов

Дисперсионный анализ комбинационной способности линий кукурузы позволил рассчитать средние квадраты (таблица 3). Отношение средних квадратов ОКС и СКС (2) указывает на преобладание аддитивных эффектов генов в контроле признака.

Таблица 3

Дисперсионный анализ комбинационной способности

Параметр	SS	df	ms	F
ОКС	2,104	15	0,14	25,0*
СКС	7,764	120	0,07	11,5*
ОСТ.	1,525	272	0,01	

Результаты анализа эффектов СКС выявили их высокие значения у ряда гибридных комбинаций (таблица 4). При этом, не все гибриды, у которых отмечена наибольшая толщина стебля, характеризовались высоким эффектом СКС. Расчеты показывают, что величина истинного гетерозиса (Г.ист) по толщине стебля у гибридов F1 варьировала от 23,7% до 53,5%. Показатели гипотетического гетерозиса (Г.гип) изменялись в пределах 10,0-28,1%.

Таблица 4

Эффекты СКС и величина гетерозиса у лучших гибридных комбинаций, 2022 г.

Комбинация	Толщина стебля, см	Эффект СКС	Г.ист	Г.гип
РН26 / Ук12Д2	2,62	0,64	28,4	28,1
РН26 / РСК 25	2,63	0,46	22,3	10,0
МК 130 У / Ук12Д2	2,32	0,03	25,4	22,4
МК 130 У / Х 46	2,76	0,24	49,2	21,6
МК 130 У / РСК 7	2,84	0,28	53,5	21,6
МК 130 У / РСК 3	2,61	0,17	41,1	17,3
МК 11 / Ук12Д2	2,32	0,13	28,2	22,4
МК 11 / РСК 25	2,75	0,36	27,9	12,2
МК 11 / Ом 255	2,71	0,29	23,7	10,6
МК 11 / Х 46	2,45	0,03	35,4	15,8
МК 11 / РСК 7	2,47	0,01	35,0	14,9
МК 11 / РСК 3	2,41	0,07	31,0	13,4
Ук12Д2 / Х 46	2,63	0,45	47,8	19,3
Х46 / РСК 7	2,75	0,29	50,3	20,1
Х46 / РСК 3	2,60	0,27	41,3	17,1
Х 46 / Од 28	2,64	0,29	38,2	16,0



Для понимания степени тесноты взаимосвязи между признаками необходимо воспользоваться коэффициентом детерминации R (r^2). Коэффициент детерминации показывает, какую долю вариабельности одного из изучаемых признаков способен объяснить другой признак (таблица 5). Анализ данных указывает на тесную корреляцию между толщиной стебля и эффектом СКС ($r=0,87$), толщиной стебля и гетерозисом ($r=0,76$). Средняя степень корреляции обнаружена между толщиной стебля и такими параметрами как длина стебля ($r=0,49$), высота прикрепления початка ($r=0,45$), урожайность зерна ($r=0,40$),

Таблица 5

Коэффициенты корреляции и детерминации между толщиной стебля и селекционными параметрами гибридов кукурузы

Признак	Коэффициент	
	корреляции, r	детерминации, R
Эффект СКС по толщине стебля	0,87**	76,0
Длина стебля, см	0,49**	24,0
Высота прикрепления початка, см	0,45**	20,0
Урожайность зерна, т/га	0,40**	16,0
Гетерозис по толщине стебля, %	0,76**	58,0

В опыте аддитивно-доминантная модель по толщине стебля оказалась адекватной при исключении линий РН26, МК 130 У, Х46, СL-7. Корреляция между значением признака «толщина стебля» и доминированием у родительских линий составила: $r = -0,434$ ($df = 10$). Существенно значимые значения компонента D , характеризующего аддитивное действие генов по абсолютной величине не превышают значения компонентов доминирования ($H1, H2$). В 2022 г. отношение $\sqrt{H1/D}$ больше единицы (1,8), что свидетельствует о положительном влиянии сверхдоминирования. Разность между общей средней признака у всего потомства ($m11$) и средней родительских форм ($m10$) имеет положительное значение, что указывает на то, что доминирование направлено в сторону родительских форм с большей выраженностью признака.

Значения отношения $H2/4H1$ значительно меньше теоретического значения (0,25), что указывает на неравномерное распределение аллелей с положительными и отрицательными эффектами. Анализ компонентов указывает на то, что в 2022 г. на формирование толщины стебля оказывали влияние 3-4 гена или групп генов. Относительный вклад генов с аддитивным и доминантным действием в развитии признака характеризует значение генетического компонента Fg . Показатели компонента fg положительные и существенные у линий РСК 25, Ом 255, ЮВ 19, Бг 1266, ЛВ32, Од 28, Ом 232, что свидетельствует о стабильности в направленности доминирования у этих линий. Несущественные значения компонента fg отмечены у следующих линий: Мк 11, Ук12Д2, РСК 7, КС 25.

Таблица 3

Компоненты генетической дисперсии по толщине зерна самоопыленных линий кукурузы

Компонент	оценка	ошибка
D	5,2696	1,0158*
F	7,2928	2,3023*
H1	16,4294	2,0322*
H2	10,5097	1,6904*
h	37,8895	1,1302*



E	1,8365	0,2817*
fr PH26	эпистаз	
fr МК 130 У	эпистаз	
fr МК 11	-0,1055	3,5051
fr Ук12Д2	0,4495	3,5051
fr РСК 25	14,4065	3,5051*
fr Ом 255	12,7893	3,5051*
fr Х46	эпистаз	
fr РСК 7	1,2329	3,5051
fr CL-7	эпистаз	
fr КС 25	-3,5125	3,5051
fr ЮВ 19	14,1815	3,5051*
fr РСК 3	9,8069	3,5051*
fr Бг1266	9,5076	3,5051*
fr ЛВ32	11,5221	3,5051*
fr Од 28	2,9100	3,5051
fr Ом232	14,3253	3,5051*
m11-m10	3,1023	
$\sqrt{H1/D}$	1,7657	
H2/4H1	0,1599	
$\sqrt{(4DH1)+F}/\sqrt{(4DH1)-F}$	1,0213	
h/ H2	3,6	
r =	r = -0,434 (df = 10)	

Заключение. В результате оценки линий на комбинационную способность выявлены корреляционные связи между толщиной стебля и другими селекционными параметрами. Выделены исходные формы с высокими эффектами ОКС (Мк 130 У (1,68), РСК 7 (1,04) Мк 11 (0,67), Ом 255 (0,61), Х46 (0,63) и дисперсией СКС (РН 26 (7,09), Мк 130 У (6,22), Мк 11 (5,45), Ук12Д2 (6,01), Од 28 (5,44), включение которых в гибридизационный процесс, позволит создать гибриды с высокими показателями толщины стебля и, соответственно, более устойчивыми к полеганию.

Список литературы:

1. Гончарова Ю.К., Гончаров С.В., Чичарова Е.Е., Симонова В.В. Вариабельность отечественных сортов риса по признакам, определяющим устойчивость к полеганию. // Рисоводство. – 2023. – № 2 (59). – С. 54-60.
2. Григулецкий В.Г., Лукьянова И.В. Об устойчивости к полеганию стебля риса / В.Г. Григулецкий, // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2000. – № 382. – С. 53-57.
3. Набатова Н.А., Парфенова Е.С., Уткина Е.И., Шамова М.Г., Псарева Е.А., Жукова М.Н. Морфологические и хозяйственные признаки сортов озимой ржи в связи с устойчивостью к полеганию // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т. 183. № 4. – С. 73-87.
4. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н. Морфометрические параметры стебля как критерии оценки устойчивости растений озимой ржи к полеганию в условиях Среднего Поволжья. Сельскохозяйственная биология. – 2004 – 39 (3) – С 90-94.



5. Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П., Гудова Л.А. Оценка комбинационной способности линий кукурузы в диаллельных скрещиваниях по высоте прикрепления початка // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 10 – с. 50-55
6. Турбин Н.В., Хотылева Л.В., Тарутина Л.А. Диаллельный анализ в селекции растений // Мн., 1974. – 184 с.
7. Федин М.А., Силис Д.Я., Смиряев А.В. Статистические методы генетического анализа // М.: Колос, 1980. – 208 с.

