

УДК 633 174:631.52

СОЗДАНИЕ ПРИЗНАКОВОЙ И ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ КРУПНОЗЕРНЫХ ФОРМ СОРГО ЗЕРНОВОГО

Беседа Наталья Александровна
научный сотрудник, аспирант
Всероссийский научно-исследовательский институт зерновых культур им. И.Г.Калиненко, г. Зерноград, Ростовская область, Россия

Изучено наследование признака «масса 1000 зерен» у гибридов F₁ и F₂. Выявлены различия родительских форм по 1-5 парам генов. Выделены источники и доноры крупнозерности, созданы признаковая и генетическая коллекции крупнозерных форм сорго зернового

Ключевые слова: СОРГО ЗЕРНОВОЕ, МАССА 1000 ЗЕРЕН, НАСЛЕДОВАНИЕ, ГЕТЕРОЗИС, ИСТОЧНИК, ДОНОР, ГЕН

UDC 633 174:631.52

CREATION OF THE INDICATIVE AND GENETIC COLLECTION OF THE LARGE-MASS GRAIN OF THE GRAIN SORGHUM

Beseda Natalia Aleksandrovna,
scientific employee, graduate student
All-Russian scientific research institute of the cereal crops of I.G.Kalinenko, Zernograd, Rostov Region, Russia

The inheritance of the “mass of 1000 grains” sign in the hybrids F₁ and F₂ was studied. Differences in the parental forms with 1-5 pairs of genes are revealed. The sources and the donors of the large-mass of grain are pointed, the indicative and genetic collections of the large-mass of grain forms of the grain sorghum are created

Keywords: GRAIN SORGHUM, MASS OF 1000 GRAINS, INHERITANCE, HETEROSIS, SOURCE, DONOR, GENE

Крупность зерна у сорго имеет большое значение для селекции, так как это признак вносит значительный вклад в формирование урожайности растений, являясь ориентировочным признаком при отборе растений с высокопродуктивными метёлками.

Масса 1000 зёрен характеризует конечный результат взаимодействия генотипа и среды в процессе онтогенетического становления продуктивности. Признак варьирует в различные по климатическим условиям годы, достигая своего максимального значения в годы с высоким содержанием влаги и тепла. Крупное зерно имеет больший выход сухого вещества, содержит больше белка и крахмала, чем обычное зерно. Размер семян имеет тесную связь с всхожестью, устойчивостью к высоким температурам, полеганию [9, 12, 13].

По данным Miller (1975), признак «масса 1000 зёрен» определяется 3-4 аддитивными генами. Другими исследователями установлено, что гены крупности зерна действуют сцеплено с генами, отвечающими за величину меристемы и семяпочки. Контроль осуществляется посредством разви-

вающегося околоплодника, который ограничивает расширение зародыша [11, 12].

По массе 1000 зёрен гибриды F_1 могут занимать различное положение по отношению к родительским формам [1, 2, 4]. Наследование признака у гибридов F_2 проходит, в основном, по типу полудоминирования [6].

Генетические и физиологические механизмы, лежащие в основе изменчивости массы 1000 зёрен, до сих пор остаются неясными. Понимание процессов развития и характера наследования признака позволит повысить эффективность селекционных программ, направленных на увеличение урожайности сорго и качества семян.

Всестороннее изучение исходного материала, выявление лучших по изучаемому признаку, использование их в селекционном процессе, создание и внедрение в производство новых сортов и гибридов, позволяющих получать максимально высокую урожайность, имеет теоретическое и практическое значение. В задачи исследований входило изучить образцы коллекции сорго зернового по признаку «масса 1000 зерен», вовлечь в гибридизацию различные по крупности зерна образцы и провести генетический анализ полученных гибридов.

Исследования проводились на опытном участке лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового ВНИИЗК им. И.Г. Калининко Зерноградского района Ростовской области в 2007-2009 гг.

Сорго высевали в оптимальные сроки (15-18 мая) на глубину 4-5 см. Посев образцов проводили широкорядным способом (междурядье 70 см) с нормой высева 20 зёрен на погонный метр.

Массу 1000 зёрен определяли путём взвешивания парных проб по 500 шт., при допустимом расхождении не более 5% [3]. Согласно классификатору рода *Sorghum* M. выделяют следующие группы растений по массе 1000 зёрен: до 20 г – мелкое, 20-30 г – среднее, более 30 г – крупное [7].

Эффект гетерозиса вычисляли по отношению к лучшему и среднему родителям и выражали в процентах (Омаров, 1975). Эффекты ОКС и СКС рассчитывали по методическим рекомендациям Гриффинга (1956). Для генетического анализа количественных признаков, отвечающих за продуктивность растений, использовали компьютерные программы поиска моделей расщепления (по критерию χ^2) Gen-3, Генэкспресс, Полиген М.

Объектом исследования являются коллекция сорго зернового, представленная 200 образцов ВНИИРа им. Н.И.Вавилова, ICRISAT (Индия), Китая и собственной селекции, и гибриды F₁-F₂ по 26 комбинациям скрещивания, полученные по диаллельной схеме 6 x 6.

В результате исследований было установлено, что в коллекционном питомнике ВНИИЗК (2007-2009 гг.) значения массы 1000 зерен варьировали от 13 до 52 г. Мелкозерные образцы (до 20 г) составляют 18 % коллекции, крупнозерные (более 30 г) – 26 %, остальные образцы имели среднюю массу 1000 зерен.

Масса 1000 зерен является важным экономическим показателем, так как крупнозерные образцы более урожайны, из их зерна получают крупу лучшего качества. В ходе исследований выделено 9 образцов сорго, которые имеют большую ценность в селекции сорго, так как помимо крупнозерности обладают высокой и средней озерненностью, оптимальной высотой растений, относятся к ранне- и среднеспелой группе созревания и имеют урожайность с 1 м² на уровне и выше, чем у стандартных сортов Хазине 28 и Лучистое (табл. 1). Эти образцы могут быть рекомендованы в качестве исходного материала, в первую очередь, для создания высокоурожайных сортов и гибридов с высоким гетерозисным эффектом.

Таблица 1 – Источники крупнозерности коллекции сорго (2007-2009 гг.)

Образец	Высота растений, см	Длина метелки, см	Вегетационный период, дни	Урожайность, г / кв. м	Масса 1000 зерен, г	Число зерен с метелки, шт.
Хазине 28, st	111,5	36,0	99	422	23,0	1239
Лучистое, st	95,0	26,6	95	496	27,0	1424
03-3005	108,5	31,7	108	434	33,0	1206
Лазурит 07	106,5	28,5	112	450	35,0	1079
Индийское 84	92,5	22,8	99	507	34,0	881
Aralba	92,5	30,0	96	483	36,0	1146
Д-1032\07	111,0	29,0	111	450	36,0	1359
Персис	103,0	20,4	101	620	43,0	918
Д-233	84,5	24,0	116	470	46,3	1050
Д-1034\07	86,5	28,0	109	486	48,3	1126
Джугара 185	145,5	15,5	111	557	52,0	982
Стандартное отклонение	10	2	7	129	4,7	300

В наших опытах было доказано, что высокая масса 1000 зерен находится в обратной зависимости от количества зерен с метелки ($r=-0,35$). Наиболее озерненными (около 3000 зерен с метелки) были образцы с массой 1000 зерен 20-25 г. Однако, выделены образцы с высокой массой 1000 зерен и относительно высокой озерненностью (например, Белозерное 100 с массой 1000 зерен 30 г и числом зерен с метелки 2099 штук, Д-1034/07 – 48,3 г и 1126 штук соответственно), что свидетельствует о том, что эти два признака могут сочетаться.

Изучение коллекции сорго показало, что она является мощным фундаментом в построении селекционных программ, но для успешного их осуществления необходимо создавать специальные коллекции с известной генетической конституцией, в данном случае по массе 1000 зерен.

Для формирования генетической коллекции сорго и выявления основ наследования размеров зерна в 2007 году была проведена гибридизация по диаллельной схеме 6 x 6. В качестве исходного материала для гибридизации были отобраны 6 образцов, контрастных по массе 1000 зерен (13-51 г). Градация по этому признаку составила 8 г (рис.1).

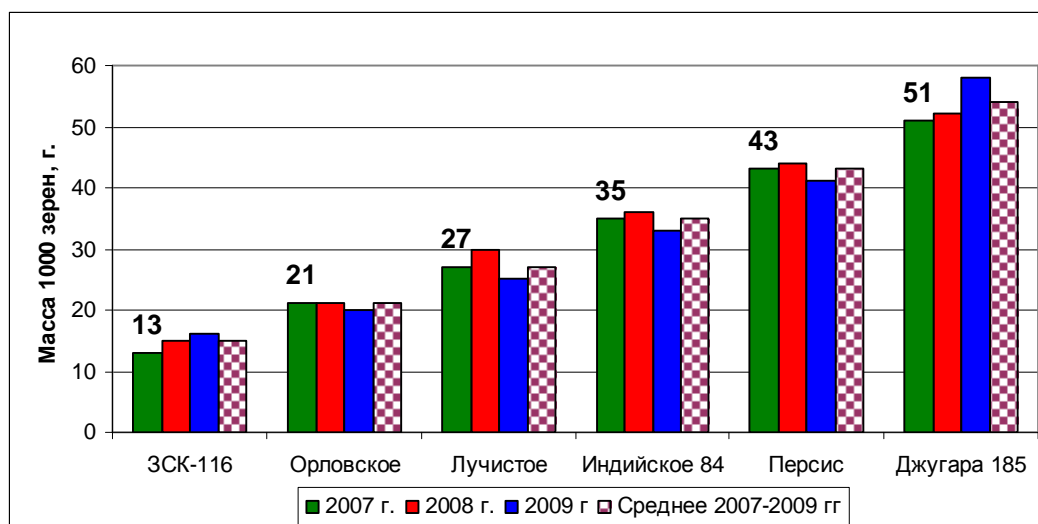


Рис. 1 – Масса 1000 зерен у родительских форм сорго зернового

Масса 1000 зерен у родительских форм варьировала по годам, так этот признак сильно зависит от погодных условий, значительно меняющихся за время исследований. Изучение гибридов F_2 проходило в 2009 году, в связи с этим для исключения ошибки опыта для анализа взяты соответствующие 2009 году числовые выражения признака.

У гибридов F_1 наблюдались различные типы наследования признака «масса 1000 зерен»: в 2 комбинациях – сверхдоминирование, в 13 – доминирование большего значения, в 8 – доминирование меньшего показателя, в 1 комбинации – гибридная депрессия.

По величине гетерозиса выделились гибриды Лучистое x ЗСК-116 (37,8%), ЗСК-116 x Лучистое (84,4%), Персис x ЗСК-116 (30,5 %), Джугара 185 x Лучистое (22,0 %), Индийское 84 x ЗСК-116 (21,6 %). Ни один из гибридов не превосходил по изучаемому признаку самый крупнозерный образец Джугара 185 (50 г), хотя приближались к этой величине гибриды Персис x Джугара 185 (48,5 г), Джугара 185 x Лучистое (48,8 г), Джугара 185 x Индийское 84 (45,5 г).

В ходе генетического анализа биометрических данных гибридов F_2 были построены и сопоставлены между собой графики распределения частот по признаку «масса 1000 зерен». Размер классового интервала пример-

но равен стандартному отклонению (4 г). Характер кривых распределения значительно различался в зависимости от комбинаций скрещиваний и от степени различий между родительскими формами.

Моногенное различие родителей наблюдалось в 7 комбинациях скрещивания. Родители Персис и Джугара 185 различались по массе 1000 зерен на 14 г. Кривая частот распределения значений признака гибрида Персис x Джугара 185 была слегка ассиметричной ($A_s = -0,21$), вершина находилась между вершинами родительских форм (рис. 2). Степень доминирования составила 0,3, что говорит о неполном доминировании большего значения. На долю гибрида приходится около 25 % частот родительских форм, что свидетельствует о расщеплении в соотношении 1:2:1. Генетический анализ с помощью программы Полиген М подтверждает различие родителей Персис и Джугара 185 по 1 паре генов. Сила гена составила 14 г.

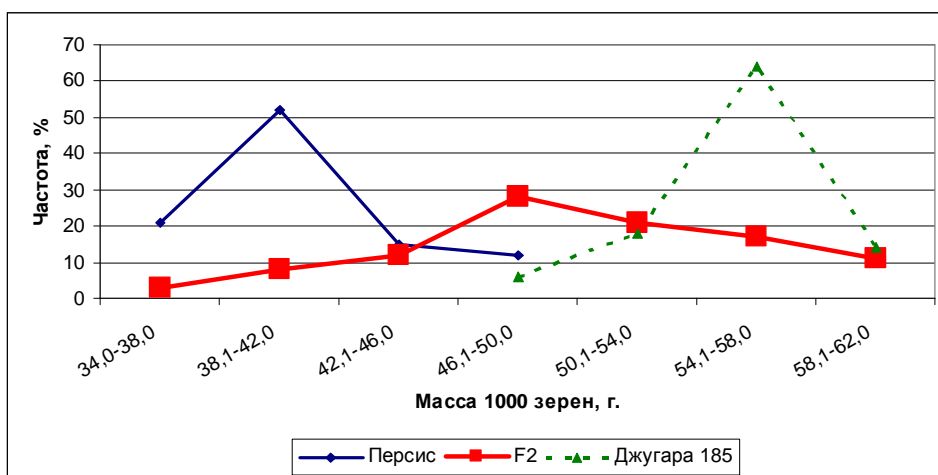


Рис. 2 – Распределение частот значений массы 1000 зерен у родительских форм и гибридов F₂ Персис x Джугара 185

Примером моногенного расщепления со сверхдоминированием может служить распределение частот значений массы 1000 зерен в комбинации ЗСК-116 x Орловское (рис. 3). Вершина кривой распределения гибрида и родителя (Орловское) находятся в одном интервале 18-22 г. Расщепление значений гибридов происходит в соотношении 1:3, на долю мень-

шего родителя приходится $\frac{1}{4}$ часть всех гибридов F_2 . Степень доминирования составила 1,7, сила гена – 4 г.

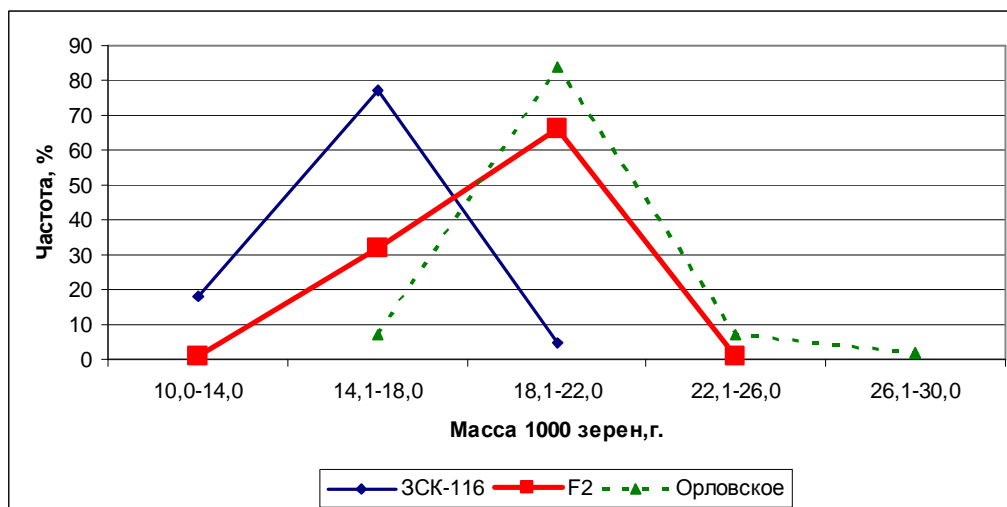


Рис. 3 – Распределение частот значений массы 1000 зерен у родительских форм и гибридов F_2 ЗСК-116 x Орловское

Родительские формы ЗСК-116 и Лучистое различались по массе 1000 зерен на 9 г (16 и 25 соответственно). График распределения частот значений имел правостороннюю асимметрию ($A_s=0,22$) (рис. 4). Вершина кривой гибрида расположена между вершинами родителей, среднее значение гибрида составило 19,0 г. Степень доминирования составила -0,3, следовательно, наблюдается неполное доминирование меньшего значения. Генетический анализ показал различие родителей по 2-м парам генов, расщепление у гибридов по массе 1000 зерен происходит в соотношении 3:7:5:1. У 1-го гена доминирование полное, у 2-го – неполное. Сила гена составила в среднем 4,5 г.

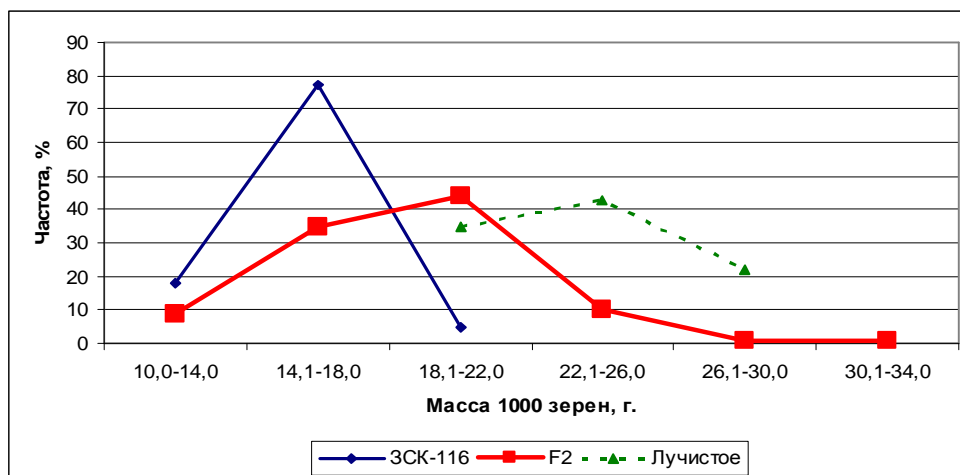


Рис. 4 – Распределение частот значений массы 1000 зерен у родительских форм и гибридов F₂ ЗСК-116 х Лучистое

Дигенное различие родителей присутствовало и у реципрокных гибридов Орловское х Индийское 84 (рис. 5). Среднее значение гибрида – 23 г, сорта Орловское – 20, Индийское 84 – 33 г. Степень доминирования составила -0,6. Кривая распределения частот значений имеет сильную правостороннюю асимметрию ($A_s=0,79$). Наблюдается расщепление гибрида в соотношении 15:1, 1/16 часть приходится на долю большего родителя. Сила гена составила 6,5 г.

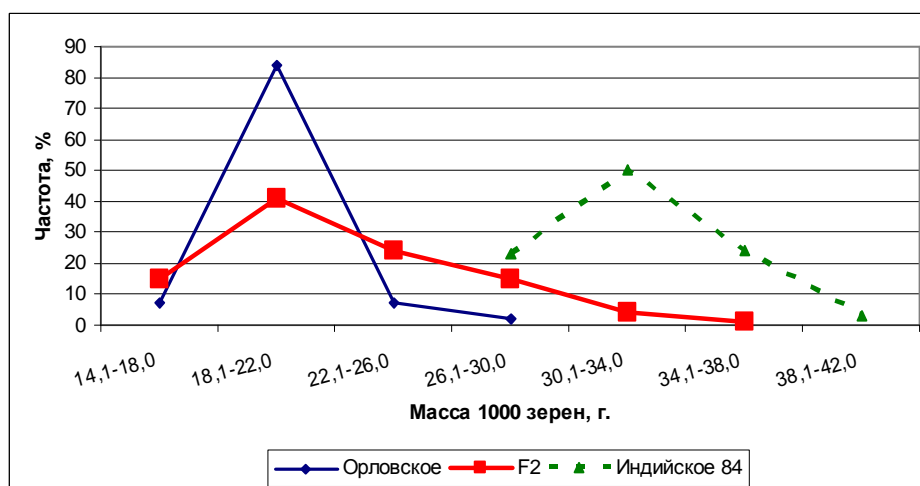


Рис. 5 – Распределение частот значений массы 1000 зерен у родительских форм и гибридов F₂ Орловское х Индийское 84

Тригенное различие родительских образцов и отсутствие доминирования присутствовало в 4 комбинациях скрещивания. Их графики распре-

деления схожи, на рисунке 6 показано типичное для этой группы распределение частот значений массы 1000 зерен. Родители Джугара 185 и Лучистое существенно различались по данному признаку на 33 г (55 и 25 г соответственно), среднее значение гибрида F₂ – 38 г. Кривая распределения симметрична (As=0,11). Степень доминирования -0,2. Наблюдается расщепление значений гибрида в соотношении 1:6:15:20:15:6:1. Сила гена составила 7,5 г.

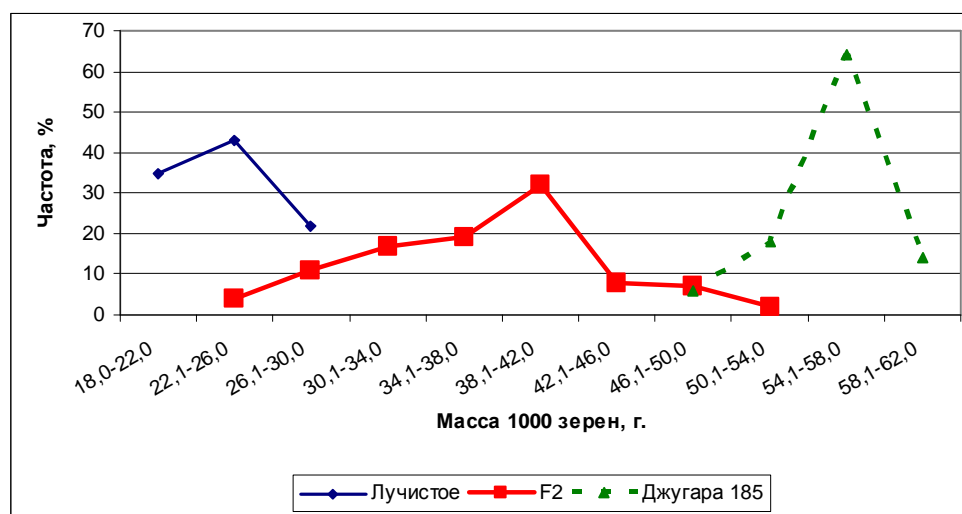


Рис. 6 – Распределение частот значений массы 1000 зерен у родительских форм и гибридов F₂ Лучистое x Джугара 185

Тетрагибридное распределение гибридов с промежуточным типом наследования выявили реципрокные гибриды Орловское x Джугара 185 (рис. 7). Степень доминирования в этих комбинациях составила -0,07, то есть доминирование отсутствовало. График частот распределения значений массы 1000 зерен у гибридов F₂ почти симметричен (As=0,05), вершина кривой гибрида расположена между родительскими, что доказывает присутствие аддитивного действия генов. Наблюдается расщепление значений гибрида в соотношении 1:6:15:20:15:6:1. Генетический анализ по программе Полиген М показал различия между родителями по 4 парам генов, каждый ген увеличивает массу 1000 зерен в среднем на 8,7 г.

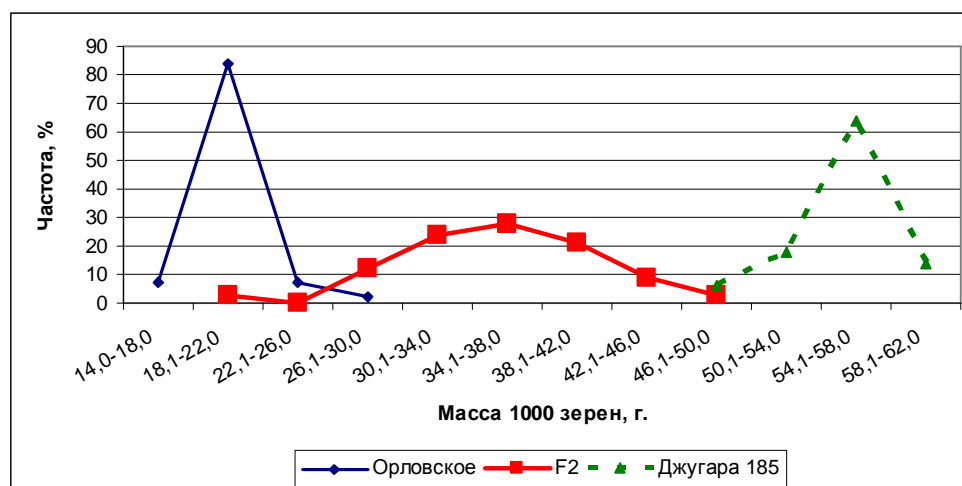


Рис. 7 – Распределение частот значений массы 1000 зерен у родительских форм и гибридов F₂ Орловское x Джугара 185

Примером пентагенного различия родительских форм и неполного доминирования меньшего значения является гибридная комбинация Джугара 185 x ЗСК-116 (рис. 8). Различия между родителями гибрида были значительными – 39 г (55 и 16 г соответственно), среднее значение гибрида – 24 г. Степень доминирования составила -0,6. Кривая распределения частот значений признака гибрида имела сильную асимметрию (As=0,89), что подтверждает доминирование меньшего значения. Сила гена равна 7,8 см.

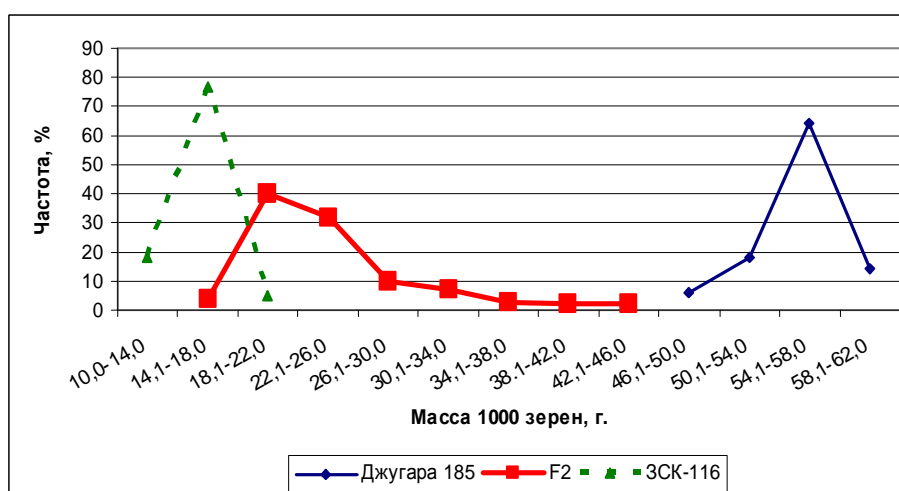


Рис. 8 – Распределение частот значений массы 1000 зерен у родителей и гибридов F₂ Джугара 185 x ЗСК-116

Таким образом, изученные образцы различаются по массе 1000 зерен по 1-5 парам генов (рис. 9), причем средняя величина зерна у гибридов из-

меняется как в сторону снижения, так и в сторону увеличения от среднего родительского значения. Следует отметить, что сила гена увеличивается при наибольших фенотипических и генотипических различиях между образцами, что говорит о кумулятивном действии генов, то есть каждый дополнительный ген увеличивает или уменьшает массу 1000 зерен на какой-то определенный процент.

Для включения источников крупнозерности в число доноров необходимо более точное представление об их селекционной ценности. Более полное представление об исходном материале дает оценка на комбинационную способность. Она позволяет предвидеть результаты будущих скрещиваний и сконцентрировать внимание на перспективном материале, избегая при этом затраты времени и средств на повторное получение и испытание гибридов от родителей, не имеющих практической ценности.

Оценка родительских образцов показала, что образцы Персис и Джугара 185 обладают высокими эффектами ОКС не только по массе 1000 зерен (4,3 и 6,8 соответственно), но и по числу зерен (30,1 и 142,3), что говорит об их способности передавать свои продуктивные свойства гибридам. Эти образцы имеют большую селекционно-генетическую ценность в селекции на продуктивность и являются донорами крупнозерности.

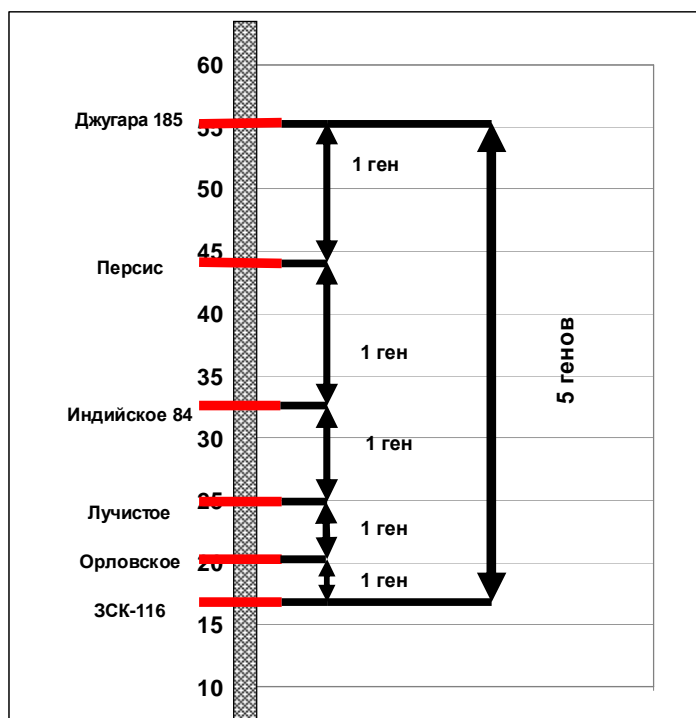


Рис. 9 – Фенотипические и генотипические различия родительских форм по массе 1000 зерен

Выводы

1. Из коллекционного питомника выделено 9 источников крупнозерности с массой 1000 зерен 33-52 г: 03-3005, Лазурит 07, Индийское 84, Aralba, Д-1032/07, Персис, Д-233, Д-1034, Джугара 185.
2. Родительские формы гибридов различались по массе 1000 зерен по 1-5 паре генов. Наследование признаков у гибридов F_1 - F_2 проходило по различным типам наследования. Средняя величина зерна у гибридов изменялась как в сторону снижения, так и в сторону увеличения от среднего родительского значения.
3. Сила 1 гена составила от 4 до 14 г, с присутствием куммулятивного действия генов.

4. В ходе генетического анализа выделено 2 донора крупнозерности с высокой комбинационной способностью по массе 1000 зерен и озерненности метелки: Персис и Джугара 185.

Список литературы

1. Малиновский Б. Н. Гетерозис у сорго и его использование в селекции // Гетерозис в растениеводстве. Ленинград, 1968. С. 292-301.
2. Мангуш П. А. Использование гетерозиса в селекции сорго на силос: Дис. ... канд. с/х наук. Харьков, 1980. 142 с.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1971. Вып. 2. 235 с.
4. Мирошниченко А. М. Наследование некоторых признаков гибридами сорго в первом поколении // Селекция и семеноводство: Сб. науч. Тр. ДНИИСХ. Ростов-на-Дону, 1969. Вып. 13. С. 94-100.
5. Омаров Д. С. К методике учета и оценки гетерозиса у растений // С.-х. биолог. 1975. Т.10. № 1. С. 123-127.
6. Сорго (селекция, семеноводство, технология, экономика) / А. В. Алабушев, Л. Н. Анипенко, Н. Г. Гурский и др. Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2003 г. 364 с.
7. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ / Е. С. Якушевский, С. В. Варадинов, В. А. Корнейчук и др. Ленинград: ВИР, 1982. 34 с.
8. Griffing B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems // Austral. J. Biol. Sci. 1956. № 9. P. 463-493.
9. Leea W. J., Pedersen J. F., Shelton D. R. Relationship of Sorghum kernel size to physiochemical, milling, pasting, and cooking properties // Food Research International. 2002. V. 35. I. 7. P. 643-649.
10. Miller F.R. Relationship of kernel size and yild is sorghum // Grain sorghum research and utilization conference. 1975. P. 120-127.
11. Natural allelic variation at seed size loci in relation to other life history traits of Arabidopsis thaliana / C. Alonso-Blanco, H. Blankestijn-de Vries, C. J. Hanhart and others // PNAS. 1999. V. 96. № 8. P. 4710-4717.
12. Pre-anthesis ovary development determines genotypic differences in potential kernel weight in sorghum/ Z. Yang, E. J. Oosterom, D. R. Jordan and others // Journal of Experimental Botany. 2009. V. 60 (4). P. 1399-1408.
13. Singh A. R., Makne V. G. Correlation studies on seed viability and seedling vigor in relation to seed size in sorghum // Seed Sci. Technol. 1985. № 13. P. 139-140