

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСНОВНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ ЦМС-ЛИНИЙ СОРГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТЕОУСЛОВИЙ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

О.П. Кибальник, кандидат биологических наук

Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы «Россорго», Саратов, Россия

E-mail: kibalnik79@yandex.ru

Ключевые слова: сорго, ЦМС-линии, селекционно-ценные признаки, урожайность, метеоусловия, норма реакции, вклад факторов.

Реферат. Для подбора продуктивных родительских форм гибридов первого поколения сорго и их стабильного размножения семян в засушливых условиях Саратовской области одним из важных этапов селекционной практики является определение характера взаимодействия генотипа и среды. Определить вклад регулируемых и нерегулируемых факторов в общую изменчивость признака позволяет дисперсионный двухфакторный анализ, используемый в данной работе. Объектами исследований являлись 11 стерильных линий сорго зернового, выращиваемых на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в течение 2009–2018 гг. Метеорологические условия возделывания растений значительно различались: 2013 и 2017 гг. характеризовались как достаточно увлажненные (ГТК = 0,98–1,01), 2011 г. – острозасушливый (ГТК = 0,26), остальные годы – засушливые (ГТК = 0,45–0,68). В результате проведенных испытаний установлено, что ЦМС-линии различались по хозяйственно-ценным признакам. Стерильную линию А1 Ефремовское 2 следует отнести к высокорослой (131,2 см) и более продуктивной (4,41 т/га семян) с хорошо развитым листовым аппаратом (площадь наибольшего листа – 238,0 см²). Низкорослые ЦМС-линии М35 и 9Е Пищевое 614 (94,9–98,5 см) отличились выдвинутостью ножки соцветия – 21,6 см, а А3, А4 и 9Е Желтозерное 10 (109,8–110,2 см) – длинным листом (50,7–51,5 см). Среднерослые линии А2 Восторги и А4 КП 70 оказались с длинным соцветием (23,0–24,5 см), тогда как А3 Фетерита 14 – с коротким (13,7 см). Установлено, что на общую изменчивость высоты растений, длины и выдвинутости ножки соцветия, длины листа сильнее влиял генотип (41,4–61,6%), тогда как средовой фактор – на урожайность семян (55,3%).

VARIABILITY OF THE MAIN BREEDING TRAITS OF SORGO CMS LINES DEPENDING ON THE WEATHER CONDITIONS OF THE SARATOV REGION

O.P. Kibalnik, PhD in Biological Sciences

Russian Research and Design Institute of Sorghum and Maize “Rossorgo”, Saratov, Russia

E-mail: kibalnik79@yandex.ru

Keywords: sorghum, CMS-lines, breeding-valuable traits, yield, weather conditions, reaction rate, the contribution of factors.

Abstract. Determining the nature of the interaction between the genotype and the environment is one of the critical stages of breeding practice for selecting effective parental forms of hybrids of the first generation of sorghum and their stable seed reproduction in the arid conditions of the Saratov region. The contribution of regulated and unregulated factors to the overall variability of a trait can be determined using a two-factor analysis of variance used in this work. The research objects were 11 sterile lines of grain sorghum grown on the experimental field of the Federal State Budgetary Research Institution RosRISM (Russian Research Institute of Sorghum and Maize) “Rossorgo” during 2009–2018. The meteorological conditions of plant cultivation varied significantly: in 2013 and 2017, they were characterised as sufficiently humid (Hydrothermal coefficient - HTC = 0.98–1.01), 2011 – acutely dry (HTC = 0.26), other years – dry (HTC = 0.45–0.68). As a result of the tests, it was found that the CMS lines differed in economically valuable traits. The sterile line A1 Efremovskoe 2 should be classified as tall (131.2 cm) and more productive (4.41 t/ha of seeds) with a well-developed leaf apparatus (the area of the giant leaf is 238.0 cm²). Low-growing CMS lines M35 and 9E Pishchevoe 614 (94.9–98.5 cm) were distinguished by the protrusion of the inflorescence stem - 21.6 cm, and A3, A4 and 9E Zheltozernoe 10 (109.8–110.2 cm) - with a long leaf (50.7–51.5 cm). Medium-sized lines A2 Vostorga and A4 KP 70 had a long inflorescence (23.0–24.5 cm), while A3 Feterita 14 had a short inflorescence (13.7 cm). It was found that the genotype (41.4–61.6%) had a more

substantial effect on the overall variability of plant height, length and protrusion of the stem of the inflorescence, and leaf length, while the environmental factor had a more substantial effect on seed yield (55.3%).

Сорго – одна из засухоустойчивых сельскохозяйственных культур многоцелевого направления использования (зернофураж, монокорм, силос, сенаж, травяные гранулы и т.д.), способная формировать стабильные урожаи зерна и биомассы в экстремальных агроклиматических условиях. Одним из способов увеличения продукции растениеводства с единицы площади является внедрение в производство гетерозисных гибридов. Создание коммерческих гибридов F1, превосходящих родительские формы по хозяйственно-ценным признакам и урожайности, стало возможным с открытием цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) у многих сельскохозяйственных растений, в том числе и сорго [1–2]. При гибридизации в качестве материнской формы используют линии с цитоплазматической мужской стерильностью, а в качестве отцовской – восстановители фертильности (сорта или линии) [3].

Вместе с тем рядом исследователей отмечено, что повышение урожайности сортов или гибридов различных сельскохозяйственных культур тесно связано с их устойчивостью к действию абиотических и биотических факторов, а вариабельность признаков обусловлена не только условиями их возделывания, но также определяется генотипом и взаимодействием «генотип – среда» [4–7]. Однако результаты генотип-средового взаимодействия не всегда можно точно прогнозировать. В этой связи селекционеры осуществляют селекционный процесс или одновременно в нескольких географических точках, или испытывают образцы в течение длительного периода [8], причем среди полевых культур отмечается существенная изменчивость доли вклада генотипа и среды в общее фенотипическое варьирование урожайности в зависимости от климатических условий [9]. Поэтому в селекционном процессе создания новых сортов и гибридов выявление закономерностей варьирования количественных признаков и наиболее ценных генотипов приобретает важное значение [10]. Особое внимание в гетерозисной селекции следует уделять изменчивости количественных признаков, урожайности компонентов скрещиваний в различные по метеорологическим условиям сезоны возделывания.

Цель исследований – определить влияние генотипа и условий среды на проявление селек-

ционно-ценных признаков у ЦМС-линий сорго в зависимости от метеорологических условий Саратовской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований, проводившихся в 2009–2018 гг., являлись 11 ЦМС-линий – А2 КВВ 114, А2 Восторг, А3 Фетерита 14, А4 КП 70, М35-1А Пищевое 614, 9Е Пищевое 614, А3 Желтозерное 10, А4 Желтозерное 10, 9Е Желтозерное 10, А2 КВВ 181, А1 Ефремовское 2.

Площадь делянки – 7,7 м². Густота стояния растений составила 100 тыс. шт/га. Повторность трехкратная. Оценку показателей селекционно-ценных признаков (высота растений, длина и выдвинутость ножки соцветия, параметры наибольшего листа, урожайность семян) проводили согласно общепринятой методике [11].

Для установления влияния генотипа ЦМС-линий, условий их выращивания и взаимодействия факторов «генотип» и «год» проведен дисперсионный двухфакторный анализ (где фактор А – генотип ЦМС-линии, фактор В – условия года) селекционных признаков с помощью программы Агрос 2.09.

Сложившиеся метеорологические условия выращивания материнских форм для гибридов сорго отличались гидротермическим режимом, что позволило объективно оценить норму реакции исходного материала. Установлено, что 2013 и 2017 гг. отличались достаточно хорошей влагообеспеченностью: гидротермический коэффициент (ГТК) составил 0,98 и 1,01 соответственно (рис.1). В этот период осадков выпало 248,9–257,6 мм, тогда как сумма активных температур оказалась в пределах 2475–2634°C. Очень низкий ГТК наблюдался в 2010 г. – всего 0,26. В этот сезон практически не выпадало осадков (81,4 мм), при этом сумма активных температур достигла 3100°C. В остальные годы ГТК варьировал в интервале 0,45–0,68, что свидетельствует о засушливых условиях.

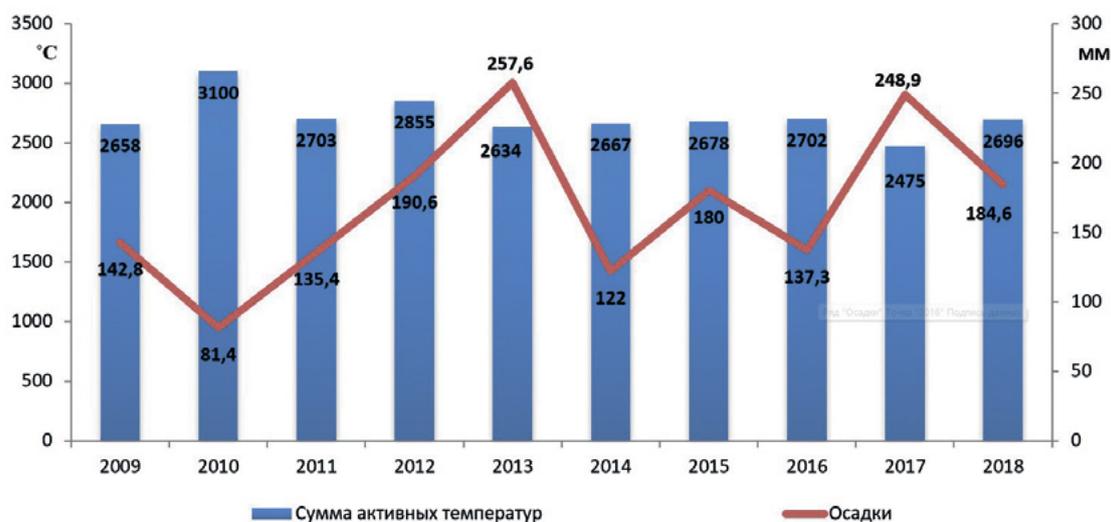


Рис. 1. Изменчивость гидротермического режима в период вегетации растений ЦМС-линий сорго
 Fig. 1. Variability of the hydrothermal regime during the vegetation period of sorghum CMS lines

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одной из задач селекционера является изучение влияния метеорологических условий на рост, развитие, урожайность сорта и качество полученной продукции [12]. Статистическая обработка экспериментальных данных методом дисперсионного двухфакторного анализа

показала значительное влияние факторов А (генотип) и В (условия года), а также их взаимодействия на проявление всех изучаемых признаков (табл. 1). В среднем за годы исследований ЦМС-линии различались по всем представленным признакам. Наибольшей высотой растений (131,2 см) характеризовалась ЦМС-линия А1 Ефремовское 2 (табл. 2).

Таблица 1

Результаты дисперсионного анализа по селекционно-ценным признакам ЦМС-линий сорго
 The results of analysis of variance by selection-valuable traits of sorghum CMS lines

Показатель	Генотип линии (фактор А)	Условия года (фактор В)	Взаимодействие факторов АВ	Неучтенный фактор
df	10	9	90	218
Высота растений				
SS	29739,33	19726,36	14111,56	5531,14
F ₀₅	117,21*	86,38*	6,18*	
Длина соцветия				
SS	2845,01	487,27	726,31	552,15
F ₀₅	112,32*	21,37*	3,18*	
Выдвинутость ножки соцветия				
SS	5472,28	1017,96	2144,41	1463,82
F ₀₅	81,49*	16,84*	3,54*	
Длина наибольшего листа				
SS	10071,54	5246,69	6109,82	2846,58
F ₀₅	77,13*	44,64*	5,19*	
Площадь наибольшего листа				
SS	299909,00	273013,96	213965,09	107161,43
F ₀₅	61,01*	61,71*	4,83*	
Урожайность семян				
SS	44,11	349,79	187,20	49,29
F ₀₅	19,51*	171,89*	9,20*	

* p<0,05.

Стерильные линии А2 Восторг, А3 Фетерита 14 и А4 КП 70 оказались средними по высоте растений (115,7–118,2 см). ЦМС-линии М35 и 9Е Пищевое 614, А2 КВВ 114, А2 КВВ 181, 9Е, А3 и А4 Желтозерное 10

отличились наименьшей высотой при созревании (94,9–110,2 см). В условиях достаточной влагообеспеченности 2017 г. отмечены более высокие значения признака – 123,3 см (рис. 2).

Таблица 2

Селекционно-ценные признаки стерильных линий сорго зернового (среднее за 2009–2018 гг.)
Selection-valuable traits of sterile lines of grain sorghum (average for 2009–2018)

ЦМС-линия	Высота растений, см	Соцветие, см		Наибольший лист		Урожайность семян, т/га
		длина	выдвинутость ножки	длина, см	площадь, см ²	
А2 КВВ 114	109,3d	21,0cde	6,5a	44,8c	150,7b	3,82de
А2 Восторг	118,2g	23,0fg	15,3cd	42,8c	153,3b	3,79cde
А3 Фетерита 14	117,1fg	13,7a	16,6d	39,7b	167,4ef	4,01de
А4 КП 70	115,7efg	24,5h	19,4e	44,2c	187,6g	4,04de
М35 Пищевое 614	94,9a	21,1e	21,6g	43,1c	147,3b	3,15a
9Е Пищевое 614	98,5b	21,1de	21,6fg	43,5c	154,0b	3,21a
А3 Желтозерное 10	110,2d	17,9b	15,9d	50,7def	165,7c-f	3,83de
А4 Желтозерное 10	109,8d	18,2b	16,4d	51,1ef	166,1def	3,75bcd
9Е Желтозерное 10	109,8d	18,6b	16,8d	51,5f	170,2f	3,80de
А2 КВВ 181	103,6c	18,7b	12,9b	36,5a	107,2a	3,28a
А1 Ефремовское 2	131,2h	23,5g	13,1b	55,9g	238,0h	4,41f
НСР ₀₅	2,55	0,80	1,31	1,83	11,25	0,24

Примечание. Данные, обозначенные разными буквами в столбцах, значимо различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана.

Note. According to Duncan's multiple comparisons tests, data labelled with different letters in the columns differ significantly.

Анализ литературных данных показал, что высота растений сорговых культур зависит от количества осадков, выпавших за вегетационный период [13]. В данных исследованиях вклад генотипа линии в формирование высоты растений составил 43,0%, условий выращивания – 28,5, взаимодействия факторов – 20,4% (рис. 3).

Длина соцветия варьировала в пределах 13,7–24,5 см. Более длинным соцветием отличились линии А4 КП 70, А2 Восторг, А1 Ефремовское 2 – 23,0–24,5 см (см. табл. 1). Наибольшая величина признака установлена в условиях 2010–2012, 2015 и 2018 гг. – 21,0–21,4 см (см. рис. 2). Причем в формирование длины метелки наибольший вклад вносят фактор А – 61,6 %, взаимодействие факторов А и В – 15,7, фактор В – 10,5% (см. рис. 3). Аналогичное влияние на изменчивость признака генотипи-

ческого фактора выявлено и у других сельскохозяйственных культур [14].

На выдвинутость ножки метелки в большей степени повлиял фактор «генотип» – 54,1%, тогда как фактор «условия года» всего на 10,0, их взаимодействие – на 21,4% (см. рис. 3). ЦМС-линии М35 и 9Е Пищевое 614 отличились по данному признаку: выдвинутость ножки соцветия составила 21,6 см в среднем за 2009–2018 гг. (см. табл. 2). Следует отметить, что на увеличение значения признака всех стерильных линий оказали условия 2013–2014 гг. – 18,3–18,7 см (см. рис. 2).

Длина листа изменялась от 36,5 до 55,9 см в зависимости от генотипа ЦМС-линии (см. табл. 2). При этом доля генотипического фактора – 41,4, а средового – 21,6% (см. рис. 3).

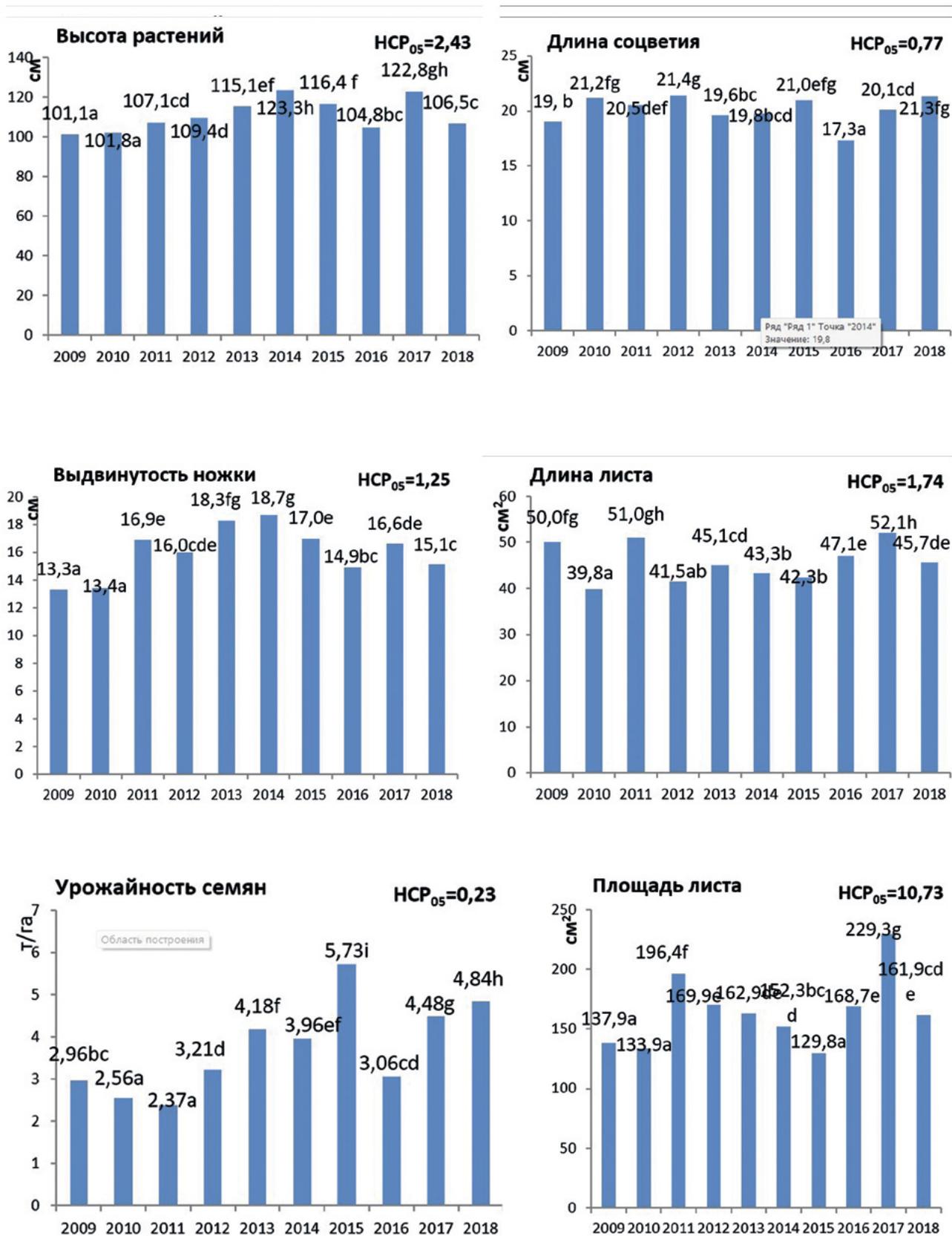


Рис. 2. Влияние условий года на величину селекционных признаков (2009–2018 гг.)
 Fig. 2. Influence of the conditions of the year on the value of breeding traits (2009–2018)

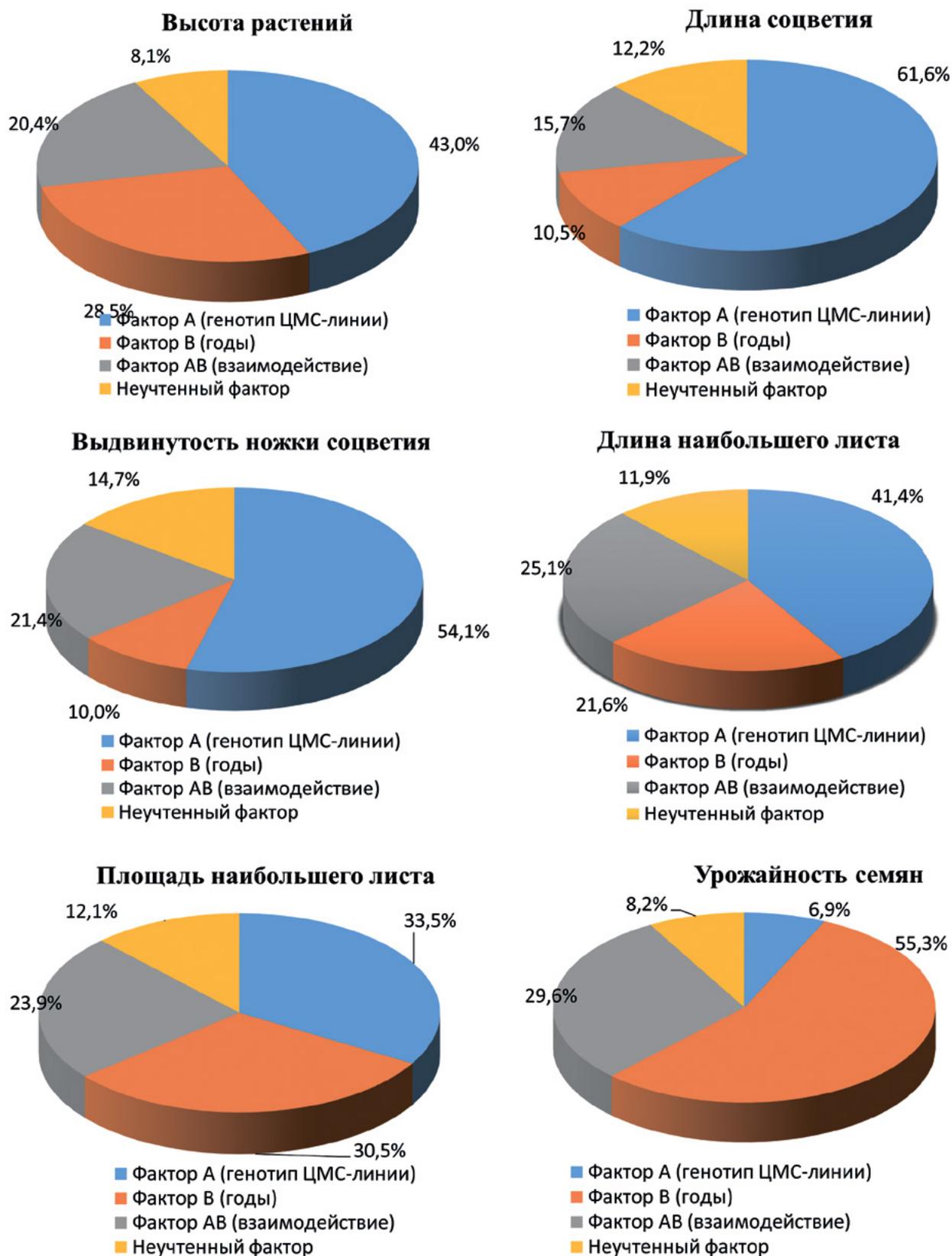


Рис. 3. Доля факторов в проявлении селекционных признаков у стерильных линий сорго (2009–2018 гг.)

Fig. 3. The share of factors in the manifestation of breeding traits in sterile sorghum lines (2009–2018)

Отмечена также вариабельность величины признака по годам: от 39,8 до 52,1 см. Наибольшее значение длины листа наблюдалось у ЦМС-линий в условиях 2009, 2011, 2017 гг. – 50,0–52,1 см (см. рис. 2). Следует отметить, что у сортов зернового сорго изменчивость данного признака также зависит в большей степени от генотипа [15].

Стерильные линии различались и по площади фотосинтезирующей поверхности (107,2–238,0 см²). Невысокие значения выявлены у линии А2 КВВ 181, а наибольшие – у А1 Ефремовское 2. Благоприятными условиями для формирования площади наибольшего листа у растений материнских форм характеризовался 2017 г.: в среднем по линиям значение признака составило 229,3 см². Влияние генотипического и средового факторов за период исследований проявлялось практически равнозначно – 33,5 и 30,5% соответственно.

Повышение стабильности урожайности семян родительских форм – наиболее значимый показатель при производстве гибридов. По урожайности семян выделились стерильные линии А3 Фетерита 14, А4 КП 70 и А1 Ефремовское 2: в среднем за 2009–2018 гг. они сформировали 4,01–4,41 т/га, причем наибольшие показатели продуктивности установлены в условиях 2015 г. – 5,73 т/га в среднем по изученным материнским линиям. Следует отметить, урожайность семян существенно зависит от условий среды: доля фактора В (условия года) составила 55,3%, тогда как генотипа ЦМС-линии (фактор А) – 6,9%. Анализ литературных данных показал, что у некоторых сельскохозяйственных культур в изменчивость признака «урожайность зерна» средовой фактор или взаимодействие факторов «генотип» и «среда» вносят больший вклад, в том числе у гибридов первого поколения и сортов сорго [15–19]; у других растений, например ячменя, – действие факторов равнозначное [7]. Полученные результаты по влиянию факторов «генотип» и

«среда» на проявление селекционно-ценных признаков компонентов скрещиваний гибридов F₁ следует учитывать в селекционной практике при подборе и размножении родительских форм в условиях Саратовской области.

ВЫВОДЫ

1. Установлены различия между изучаемыми материнскими формами по селекционным признакам. Выявлены высокорослые (А1 Ефремовское 2) и низкорослые формы (М35 и 9Е Пищевое 614), с длинными листьями (А3, А4, 9Е Желтозерное 10), с крупным (А2 Восторг, А4 КП 70) и мелким соцветием (А3 Фетерита 14), а также наиболее продуктивные (А1 Ефремовское 2, А3 Фетерита 14, А4 КП 70).

2. Отмечена реакция генотипов ЦМС-линий на изменение климатических условий в сезоны выращивания. Так, наибольшая урожайность семян и длина соцветия сформированы в умеренно засушливых условиях 2015 г. (ГТК = 0,67): за период вегетации материнских растений сумма активных температур достигла 2678°С, а количество осадков 187 мм. Увеличение признаков высоты растений, длины и площади наибольшего листа выявлено в условиях 2017 г., отличающегося достаточно хорошей влагообеспеченностью (ГТК = 1,01).

3. Взаимодействие «генотип × условия года» выявлено по всем изученным признакам ($F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$). Наибольший вклад генотипический фактор вносит в общую изменчивость признаков: высоты растений при созревании (43,0%), длины и выдвинутости ножки соцветия (54,1–61,6%), длины наибольшего листа (41,4%). Вместе с тем выявлено, что фактор «условия года» наибольшее влияние оказал на формирование урожайности семян (55,3%).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Болдырева Л.Л., Бритвин В.В. Оценка гетерозиса по основным морфо-биологическим признакам и свойствам у гибридов F₁ зернового сорго // Известия Оренбургского государственного университета. – 2017. – №3 (65). – С. 225–229.
2. Кибальник О.П. Использование эффекта гетерозиса в селекции сорго // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2019. – № 2 (51). – С. 15–24.
3. Кибальник О.П. Комбинационная способность ЦМС-линий зернового сорго на основе А1, А2, А3, А4, 9Е и М-35-1А типов цитоплазматической мужской стерильности // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – № 21(6). – С. 651–656.
4. Кравченко Р.В. Адаптивность и стабильность проявления урожайных свойств гибридов кукурузы на фоне антропогенных факторов // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 77 (03). – С. 770–784.

5. Лепехов С.Б. Эффекты взаимодействия генотип–среда у сортов яровой мягкой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 7 (141). – С. 9–14.
6. Сапега В.А., Турсумбеков Г.Ш. Урожайность и адаптивность сортов яровой пшеницы различных групп спелости в условиях лесостепи Северного Зауралья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 3 (64). – С. 67–75.
7. Тетянкинов Н.В., Боме Н.А. Анализ взаимодействия «генотип × среда» и оценка адаптивного потенциала ячменя в условиях Северного Зауралья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2021. – № 182 (3). – С. 63–73.
8. Hollamby G., Bayraktar A. Breeding, Objectives, Philosophies and Methods in South Australia // M.P. Reynolds, S. Rajaram and A. McNab (eds.). Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers. – Mexico: CIMMYT, 1996. – P. 52–65.
9. Зенкина К.В., Асеева Т.А. Эффекты взаимодействия генотипов ярового тритикале с факторами окружающей среды // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2019. – № 4. – С. 18–22.
10. Кирьякова М.Н., Юсов В.С., Евдокимов М.Г. Оценка адаптивной способности и взаимодействий генотипа и среды перспективных линий яровой твердой пшеницы в условиях Омской области // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 2 (63). – С. 19–25.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1989. – Вып. 2. – 194 с.
12. Урожайность сорго травянистого в зависимости от метеорологических условий / Н.А. Ковтунова, В.В. Ковтунов, А.Е. Романюкин, Г.М. Ермолина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2022. – № 23 (3). – С. 334–342.
13. Ковтунова Н.А., Ермолина Г.М., Шишова Е.А. Влияние метеорологических условий на основные хозяйственно-ценные признаки сорго сахарного // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 1. – С. 31–34.
14. Изменчивость признаков продуктивности колоса у гибридов F₂, полученных от скрещивания сортов мягкой пшеницы Новосибирская 67, Саратовская 29, Руза-4 с многоцветковой линией SKLE 123-09 / В.С. Арбузова, Т.Т. Ефремова, П. Мартинек [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18, № 4/1. – С. 704–712.
15. Старчак В.И. Оценка взаимодействия «генотип–среда» по хозяйственно-ценным параметрам зернового сорго // Молодежь и наука XXI века: материалы Междунар. науч. конф. Молодежь и наука XXI – Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2018. – Т.2. – С. 287–290.
16. Кибальник О.П. Параметры адаптивности гибридов F₁ зернового сорго на основе А3, А4 и 9Е типов стерильности // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2019. – № 3. – С. 13–16.
17. Гусева С.С., Жужукин В.И., Кудряшов С.П. Изучение влияния «генотип–среда» сортов и гибридов подсолнечника в условиях Нижнего Поволжья // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 6. – С. 10–14.
18. Экологическое изучение гибридов кукурузы в степной зоне Нижнего Поволжья / С.А. Зайцев, Д.П. Волков, Л.А. Гудова, В.И. Жужукин // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 4. – С. 13–17.
19. Батов А.С., Гуреева Ю.А. Исходный материал для селекции картофеля на продуктивность в условиях лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 4 (65). – С. 22–29.

REFERENCES

1. Boldyreva L.L., Britvin V.V., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2017, No. 3 (65), pp. 225–229. (In Russ.)
2. Kibalnik O.P., *Vestnik NGAU*, 2019, No. 2 (51), pp. 15–24. (In Russ.)
3. Kibalnik O.P., *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*, 2017, No. 21 (6), pp. 651–656. (In Russ.)
4. Kravchenko R.V., *Nauchnyi zhurnal KubGAU*, 2012, No. 77 (03), pp. 770–784. (In Russ.).

5. Lepehov S.B., *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, No. 7 (141), pp. 9–14. (In Russ.).
6. Sapega V.A., Tursumbekov G.Sh., *Vestnik NGAU*, 2022, No. 3 (64), pp. 67–75. (In Russ.).
7. Tetyannikov N.V., Bome N.A., *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*, 2021, No. 182 (3), pp. 63–73. (In Russ.).
8. Hollamby G., Bayraktar A., *Breeding, Objectives, Philosophies and Methods in South Australia*, M.P. Reynolds, S. Rajaram and A. McNab (eds.). *Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers*, Mexico: CIMMYT, 1996, pp. 52–65.
9. Zenkina K.V., Aseeva T.A., *Vestnik rossiiskoi sel'skohozyaistvennoi nauki*, 2019, No. 4, pp. 18–22. (In Russ.).
10. Kir'yakova M.N., Yusov V.S., Evdokimov M.G., *Vestnik NGAU*, 2022, No. 2 (63), pp. 19–25. (In Russ.).
11. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyaistvennykh kul'tur* (Methodology of state variety testing of agricultural crops), Issue 2, Moscow: Agropromizdat, 1989, 194 p.
12. Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Romanyukin A.E., Ermolina G.M., *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2022, No. 23 (3), pp. 334–342. (In Russ.).
13. Kovtunova N.A., Ermolina G.M., Shishova E.A., *Zernovoe hozyaistvo Rossii*, 2013, No. 1, pp. 31–34. (In Russ.).
14. Arbuzova V.S., Efremova T.T., Martinek P., Chumanova E.V., Dobrovolskaya O.B., *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2014, Is. 18, No. 4/1, pp. 704–712. (In Russ.).
15. Starchak V.I., *Molodezh' i nauka XXI veka* (Youth and science of the XXI century), Materials of the International Scientific Conference, Ulyanovsk: Ulyanovskii GAU, 2018, Is. 2, pp. 287–290. (In Russ.).
16. Kibalnik O.P., *Agrarnyi vestnik Yugo-Vostoka*, 2019, No. 3, pp. 13–16. (In Russ.).
17. Guseva S.A., Zhuzhukin V.I., Kudryashov S.P., *Agrarnui nauchnyi zhurnal*, 2019, No. 6, pp. 10–14. (In Russ.).
18. Zaitsev S.A., Volkov D.P., Gudova L.A., Zhuzhukin V.I., *Agrarnui nauchnyi zhurnal*, 2022, No. 4, pp. 13–17. (In Russ.).
19. Batov A.S., Gureeva Y.A., *Vestnik NGAU*, 2022, No. 4 (65), pp. 22–29. (In Russ.).