

АДАПТИВНАЯ СПОСОБНОСТЬ ЦМС-ЛИНИЙ СОРГО В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

ADAPTIVE ABILITY OF CMS-LINES IN CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

Кибальник О.П., канд. биол. наук, главный научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства сорговых культур

Department of Breeding and Primary Seed Production of Sorghum Crops

ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы

Russian research and design-technological Institute of sorghum and maize

В селекции гибридов сорго выявление исходного материала, сочетающего высокую урожайность и адаптированность к абиотическим и биотическим условиям возделывания, является актуальным. Методы определения адаптивной способности ЦМС-линий (коэффициент линейной регрессии и вариации) позволяют выявить их реакцию на различающиеся по климатическим условиям сезоны выращивания. Наблюдение за растениями зернового сорго проводили в течение 2009–2018 годов на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Факторы внешней среды оказывают влияние в меньшей степени на признаки: период «всходы-цветение», высота растений, длина соцветия, длина и ширина наибольшего листа ($V = 5,0–19,8\%$). Широкая вариабельность признаков ($V = 13,3–44,3\%$) отмечена по интенсивности начального роста растений, ширине соцветия, площади листа и урожайности зерна. В результате регрессионного анализа выделены линии, отличающиеся пластичностью и фенотипической стабильностью по комплексу селекционных признаков. Высокопластичной по комплексу хозяйственных признаков является А2 КВВ 114. ЦМС-линии М35-1А Пищевое 614 и 9Е Пищевое 614 отличаются стабильностью по урожайности ($b_i = 1,01–1,07$) и пластичностью по длине и ширине соцветия ($b_i = 1,40–2,49$). Стерильные линии А3, А4 и 9Е Желтозерное 10 способны формировать урожай зерна в более засушливые сезоны выращивания ($b_i = 0,80–0,83$) и обладают фенотипической стабильностью признаков: период «всходы-цветение», высота растений через 30 дней после всходов и при созревании, площадь наибольшего листа. Согласно полученным результатам рабочую коллекцию материнских форм рекомендуется включать в программу скрещиваний с целью получения продуктивных и адаптированных к условиям Нижнего Поволжья гибридов.

In sorghum hybrids selection the identification of the source material combining high yield and adaptation to abiotic and biotic conditions of cultivation is actual. The methods for determining the adaptive capacity of CMS-lines (coefficient linear regression and variation) make it possible to reveal their response to growing seasons differing in climatic conditions. Observation of grain sorghum plants was carried out in 2009–2018 on the experimental field "Rossorgo". Environmental factors have less impact on the signs: period of "germination-flowering", plant height, length inflorescence, length and width of the largest leaf ($V = 5.0–19.8\%$). The wide variability of characters ($V = 13.3–44.3\%$) was revealed by the intensity of the initial plant growth, the width of the inflorescence, the area of leaf and grain yield. As a result of the regression analysis, lines that are distinguished by their plasticity and phenotypic stability according to a complex of selection traits were found. A2 KVV 114 is highly plastic in terms of its economic characteristics. The CMS lines M35-1A Pischevovoe 614 and 9E Pischevovoe 614 differ in phenotypic stability in yield ($b_i = 1.01–1.07$) and plasticity in the length and width of the inflorescence ($b_i = 1.40–2.49$). Sterile lines A3, A4 and 9E Zheltozernoe 10 are capable of forming a grain harvest in more droughty growing seasons ($b_i = 0.80–0.83$) and have phenotypic stability of the characteristics: the "germination-flowering" period, the height of plants 30 days after germination and when ripe, the area of the largest sheet. According to the results obtained, it is recommended to include a working collection of maternal forms in the program of crosses in order to obtain productive hybrids that are adapted to the conditions of the Lower Volga region.

Ключевые слова: сорго, ЦМС-линии, коэффициент линейной регрессии, коэффициент вариации, климатические условия.
Kibalnik O.P., candidate of biological sciences, senior researcher

Key words: sorghum, CMS-lines, linear regression coefficient, coefficient of variation, climatic conditions.

Введение

Сорго — засухоустойчивая сельскохозяйственная культура универсального использования. Для интродукции сорго в регионы с неустойчивым увлажнением необходим ассортимент сортов и гибридов, характеризующихся стабильными показателями комплекса селекционно-ценных признаков (урожайность, морфометрические признаки, биохимический состав зерна и другие) и устойчивых к биотическим факторам [4]. В Государственном реестре селекционных достижений на 2018 год представлен 121 образец зернового сорго [1]: из них 59 сортов выведены в российских селекцентрах; а гибриды, в основном, — иностранной селекции (рис. 1). Одной из причин отсутствия разнообразия гибридов селекции российских учреждений является малое количество адаптированных, технологичных и вызревающих в условиях конкретного региона стерильных линий [3]. В ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в гибридизацию вовлечена коллекция раннеспелых и среднеранних ЦМС-линий. В селекции продуктивных гибридов сорго определение параметров адаптивности родительских форм по комплексу хозяйственных признаков в засушливых условиях является актуальным.

Рис. 1. Сорта, линии и гибриды зернового сорго, включенные в Госреестр



Методика

Материнские формы высевали широкорядным способом (междурядье 70 см) на опытном поле института во 2–3-й декадах мая 2009–2018 годов. Площадь делянки — 7,7 м². Густота стояния растений — 100 тыс. шт./га. Повторность — трехкратная. Хозяйственные признаки оценивали по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Адаптивную способность ЦМС-линий определяли по коэффициентам линейной регрессии (b_i) [6] и вариации (V) [3]. По метеорологическим условиям годы исследований различались: «благоприятными» для роста и развития растений сорго были 2013 и 2016 годы; а 2009–2012 и 2014–2015 годы — «засушливыми».

Результаты

Статистическая обработка экспериментальных данных по селекционным признакам дисперсионным двухфакторным анализом показала значимое влияние генотипа ЦМС-линий, условий их выращивания (2009–2018 годы) и их взаимодействие, что позволило оценить материнские формы сорго по параметрам адаптивности исследуемых показателей (табл. 1).

Изменение метеорологических условий возделывания ЦМС-линий сорго значительно повлияло на

проявление интенсивности начального роста растений ($V = 28,9–44,3\%$), ширину соцветия (13,3–34,2%), площадь наибольшего листа (15,5–29,9%) и урожайность зерна (28,1–44,4%) (табл. 2). Наибольший размах варьирования — у показателя выдвинутости ножки соцветия (11,9–61,6%). За период испытаний выявлена невысокая изменчивость признаков: период «всходы-цветение» ($V = 5,0–11,9\%$), высота растений (6,6–15,9%), длина соцветия (6,4–13,6%), длина и ширина (9,2–19,8%) листа.

Коэффициент линейной регрессии хозяйственных признаков линий и урожайности показывает их реакцию на изменение условий выращивания [5]. Наибольшая отзывчивость материнских форм проявляется при $b_i > 1$. Линия А2 КВВ 114 относится к растениям интенсивного типа: коэффициент линейной регрессии по пяти признакам (период «всходы-цветение», ширина соцветия, ширина и площадь листа, урожайность) — 1,12–1,34 (табл. 2).

Линии А2 Восторг и А3 Фетерита 14 характеризуются пластичностью по урожайности, площади листа ($b_i = 1,11–1,17$) и стабильностью по периоду «всходы-цветение», интенсивности начального роста растений ($b_i = 1,02–1,07$). У ЦМС-линий М35-1А и 9Е Пищевое

Таблица 1.

Изменчивость селекционно-ценных признаков ЦМС-линий сорго в зависимости от условий возделывания (2009–2018 годы)

ЦМС-линии	Значение признака	Период «всходы-цветение», сутки	Интенсивность начального роста, см	Высота растений, см	Соцветие, см			Наибольший лист			Урожайность зерна, т/га
					длина	ширина	выдвинутость ножки	длина, см	ширина, см	площадь, см ²	
А2 КВВ 114	\bar{X}_i^1	51,3	52,0	109,3	21,0	7,6	6,6	44,8	4,4	150,7	3,82
	min-max ²	42,3–56,7	12,7–79,5	98,4–120,5	18,4–24,8	3,9–9,5	1,0–13,8	36,2–51,7	3,4–6,5	94,8–252,1	1,80–5,88
А2 Восторг	\bar{X}_i	48,7	45,0	118,6	23,0	8,3	15,4	42,8	4,7	153,3	3,81
	min-max	43,3–54,3	13,7–81,7	108–135,9	20,1–24,7	5,4–11,7	10,2–19,3	30,5–58,2	3,5–5,7	81,2–224,3	1,62–6,10
А3 Фетерита 14	\bar{X}_i	50,2	50,1	117,2	13,7	6,1	16,6	39,8	5,6	167,4	4,00
	min-max	43,7–55,7	14,2–73,7	97,7–153,2	10,7–15,3	4,9–7,7	12,4–20,0	30,0–53,3	4,0–6,9	103,8–272,8	2,67–7,13
А4 КП 70	\bar{X}_i	46,7	47,5	115,7	24,5	5,9	19,4	44,2	5,7	187,6	4,05
	min-max	38,0–54,3	16,0–79,1	101,3–126,7	19,4–27,0	4,6–6,9	13,5–26,2	33,7–58,6	4,4–7,3	126,6–278,9	2,89–6,90
М35-1А Пищевое 614	\bar{X}_i	48,8	39,7	95,0	21,1	8,7	21,6	43,1	4,6	147,3	3,15
	min-max	41,0–52,3	14,0–66,6	82,5–102,6	15,9–24,4	5,2–15,5	18,5–26,9	34,7–52,8	3,8–5,3	113,7–191,5	1,50–5,04
9Е Пищевое 614	\bar{X}_i (см)	48,9	41,4	98,5	21,1	8,3	21,6	43,4	4,8	154,0	3,22
	min-max	40,7–53,0	13,7–65,0	88,1–107,0	16,3–24,7	5,2–12,2	18,5–26,3	36,3–53,5	3,8–6,6	107,6–225,9	1,57–5,11
А3 Желтозерное 10	\bar{X}_i	50,4	55,2	110,2	18,0	7,3	15,9	50,7	4,4	165,7	3,83
	min-max	45,3–55,0	22,5–79,8	100,8–125,3	15,5–19,3	5,3–9,1	10,2–20,9	43,3–59,5	3,1–5,3	130,6–234,1	2,19–5,83
А4 Желтозерное 10	\bar{X}_i (см)	50,4	55,0	110,8	18,2	7,3	16,5	51,1	4,4	166,1	3,75
	min-max	45,3–55,3	19,0–78,5	100,6–124,8	14,9–20,7	5,4–9,3	9,7–22,0	42,1–59,4	3,0–5,7	115,1–237,0	2,19–5,86
9Е Желтозерное 10	\bar{X}_i	50,5	55,8	109,8	18,6	7,5	16,8	51,5	4,4	170,2	3,80
	min-max	45,0–55,0	21,7–82,1	98,2–123,2	18,7	6,3–9,2	11,7–21,0	43,2–60,9	3,3–5,5	123,3–231,0	2,21–5,78
А2 КВВ 181	\bar{X}_i	44,8	50,9	103,6	18,7	7,3	13,0	36,5	3,9	107,2	3,24
	min-max	53,3–62,7	16,7–91,3	93,7–111,6	15,0–20,7	5,5–13,1	10,2–18,7	32,9–44,0	3,1–4,5	78,1–147,7	1,84–5,04
А1 Ефремовское 2	\bar{X}_i	59,2	43,6	131,2	23,5	10,1	13,2	55,9	5,6	238,0	4,45
	min-max	53,3–62,7	12,5–71,4	106,8–163,3	19,5–27,0	6,3–12,3	9,7–20,0	45,2–66,7	4,3–6,8	156,9–330,6	3,15–7,70
F (ЦМС-линии)		23,8*	8,2*	18,9*	35,3*	5,1*	22,9*	14,8*	15,9*	12,6*	2,1*
F (годы)		21,5*	74,8*	13,9*	6,7*	3,6*	4,8*	8,6*	19,3*	12,8*	18,7*
F (взаимодействие)		54,2*	8,4*	6,4*	3,3*	5,9*	3,4*	5,6*	3,4*	4,9*	10,7*

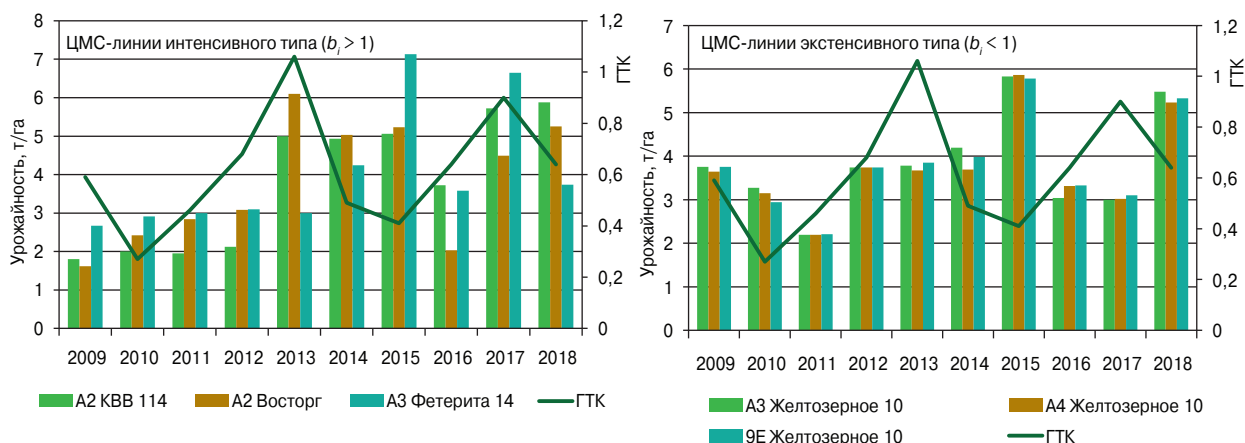
Примечание: ¹ \bar{X}_i — среднее значение признака за 2009–2018 годы; ²min-max — минимальное и максимальное значение признака за 2009–2018 годы

Таблица 2.

Коэффициент вариации (V , %) и линейной регрессии (b_i) хозяйственных признаков стерильных линий сорго (2009–2018 годы)

ЦМС-линии	Период «всходы-цветение»		Интенсивность начального роста		Высота растений		Соцветие						Наибольший лист						Урожайность зерна	
							длина		ширина		выдвигнутость ножки		длина		ширина		площадь			
	V	b_i	V	b_i	V	b_i	V	b_i	V	b_i	V	b_i	V	b_i	V	b_i	V	b_i	V	b_i
A2 KBB 114	11,9	1,33	35,2	1,08	6,7	0,74	10,4	0,58	24,0	1,12	61,6	0,08	10,4	0,87	19,4	1,15	28,2	1,19	44,4	1,34
A2 Восторг	7,9	1,04	38,9	1,02	7,3	0,75	6,4	0,56	23,7	1,07	19,9	1,21	18,8	1,08	15,2	0,77	29,9	1,11	41,7	1,17
A3 Фетерита 14	7,6	1,05	36,9	1,07	15,9	2,04	9,8	0,76	15,3	0,49	14,5	0,63	16,7	0,89	14,3	1,11	28,3	1,17	39,9	1,13
A4 КП 70	9,8	1,29	42,6	1,10	8,0	0,93	9,2	1,31	14,6	0,27	18,9	0,73	18,8	1,56	13,7	1,14	24,1	1,31	35,9	0,75
M35 Пищевое 614	7,1	0,80	34,8	0,81	7,5	0,67	12,8	1,73	33,9	2,49	11,9	1,12	12,4	0,83	12,7	0,82	15,5	0,51	39,1	1,07
9E Пищевое 614	7,5	0,84	31,9	0,77	6,9	0,64	13,6	1,40	28,8	2,10	11,5	0,91	14,1	1,12	18,2	1,09	22,4	0,90	36,9	1,01
A3 Желтозерное 10	6,4	0,90	29,5	0,94	7,7	0,91	7,2	0,64	18,0	0,87	23,1	1,53	11,4	1,24	16,7	1,12	21,1	1,03	29,1	0,83
A4 Желтозерное 10	6,7	0,90	30,1	0,97	7,9	0,94	10,7	1,06	19,6	0,84	26,4	1,79	10,4	0,96	19,8	1,16	23,6	0,96	28,4	0,80
9E Желтозерное 10	6,6	0,91	28,9	0,96	8,7	1,04	7,9	0,80	13,3	0,32	18,1	1,34	11,3	1,19	16,9	1,04	21,6	0,96	28,1	0,82
A2 KBB 181	9,2	1,18	44,3	1,28	6,6	0,58	8,5	1,20	34,2	0,19	20,4	0,94	9,2	0,35	11,9	0,40	18,6	0,43	37,6	1,03
A1 Ефремовское 2	5,0	0,77	40,3	1,01	13,1	1,74	9,8	0,97	19,3	1,22	24,6	0,71	12,3	0,90	15,6	1,19	25,3	1,43	31,2	1,04

Рис. 2. Влияние климатических условий (2009–2018 годы) на урожайность ЦМС-линий



614 изменение урожайности соответствует изменению условий выращивания ($b_i = 1,01-1,07$), а по параметрам соцветия отмечен высокий коэффициент линейной регрессии (1,40–2,49). A4 КП 40 отличается пластичностью по параметрам листа, продолжительности межфазного периода и проявлением высокой стабильности высоты растений (0,93–1,10). Стерильные линии A3, A4 и 9E Желтозерное 10 слабее реагируют на изменение условий возделывания ($b_i < 1$), чем в среднем изучаемая коллекция линий, и формируют 2,19–5,78 т/га зерна в более засушливые годы (рис. 2). При этом наблюдается фенотипическая стабильность по признакам: период

«всходы-цветение», высота растений и площадь наибольшего листа.

Выводы

Оценка различных генотипов стерильных линий сорго по параметрам экологической пластичности и фенотипической стабильности повышает результативность выведения гибридов с высоким адаптивным потенциалом. Установлено, что коллекция ЦМС-линий (на основе источников стерильности — A1, A2, A3, A4, 9E, M35-1A) адаптирована к изменениям внешней среды и ее целесообразно использовать в качестве исходного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорты растений. URL: reestr.gossort.com.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — М., 2011. — 352 с.
3. Кибальник О. П., Семин Д.С., Костина Г.И. [и др.]. Оценка адаптивности стерильных линий сорго с новыми типами ЦМС на основе коэффициента линейной регрессии в условиях Саратовской области // Кукуруза и сорго. — 2014. — № 4. — С. 8–12.
4. Кибальник О.П., Семин Д.С., Старчак В.И. Адаптивная способность коллекционных сортообразцов зернового сорго в условиях Поволжья // Аграрная наука. — 2016. — № 3. — С. 6–8.
5. Корзун О.С., Бруйло А.С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений. Гродно: ГГАУ, 2011. — 140 с.
6. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. Sci. 1966. V. 6. № 1. P. 36–40.

REFERENCES

1. The state register of breeding achievements approved for use. Volume 1. Plant Varieties. URL: reestr.gossort.com.
2. Dospekhov B.A. Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M., 2011. 352 p.
3. Kibalnik O.P., Semin D.S., Kostina G.I. [et al.]. Evaluation of adapt-ability of sterile sorghum lines with new types of CMS based on the linear regression coefficient in the conditions of the Saratov region // Kukuruz and sorghum. 2014. № 4. P. 8–12.
4. Kibalnik O.P., Semin D.S., Starchak V.I. Adaptive ability of collection varieties of grain sorghum in the Volga region // Agrarian science. 2016. № 3. P. 6–8.
5. Korzun O.S., Bruylo A.S. Adaptive features of selection and seed production of agricultural plants. Grodno: GGAU, 2011. 140 p.
6. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. Sci. 1966. V. 6. № 1. P. 36–40.