

УДК 633.174.1:631.527

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2026-403-02-76-82

О.П. Кибальник

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

✉ kibalnik79@yandex.ru

Поступила в редакцию: 03.09.2025

Одобрена после рецензирования: 28.12.2025

Принята к публикации: 25.01.2026

© Кибальник О.П.

## Изучение фенологических особенностей гибридов сахарного сорго на основе цитоплазмы А2 при возделывании в условиях Саратовской области

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Изучение фенологических особенностей новых сортов и гибридов сорго является важной частью селекционной работы, особенно в регионах северной зоны соргосеяния, где растения сахарного сорго произрастают в экстремальных условиях, характеризующихся в отдельные периоды вегетации недостатком суммы активных температур, количества световых часов, дефицитом осадков.

**Цели исследований** — оценить фенологические особенности гибридов сахарного сорго, полученных с использованием стерильной цитоплазмы А2 и выделить перспективные комбинации для дальнейшего испытания в засушливых условиях Саратовской области.

**Методы.** Семь гибридов, полученных на основе ЦМС-линий со стерильной цитоплазмой А2, выращивали в течение 2022–2024 гг. на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» и оценивали в соответствии с общепринятыми рекомендациями, методикой.

**Результаты.** Установлено, что продолжительность межфазных периодов и вегетационного периода в целом гибридов  $F_1$  зависела как от складывающихся погодных условий в сезон выращивания растений, так и генотипических особенностей. Выявлены гибриды наиболее целесообразные для производства сочных кормов и сахаросодержащей продукции: с наименьшей амплитудой изменчивости продолжительности вегетационного периода за период испытания — А2 КВВ 114/к-10832 (116–118,7 сут.); разница составила 2,7 сут.; наиболее скороспелые — А2 Чайка/к-64 (101,0–111,3 сут.), А2 Чайка /к-581 (102,0–113,0 сут.).

**Ключевые слова:** сорго, ЦМС-линия, коллекционный сортообразец, гибрид, вегетационный период, межфазный период

**Для цитирования:** Кибальник О.П. Изучение фенологических особенностей гибридов сахарного сорго на основе цитоплазмы А2 при возделывании в условиях Саратовской области. *Аграрная наука.* 2026; 403 (02): 76–82. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-403-02-76-82>

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2026-403-02-76-82

Oksana P. Kibalnik

Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn, Saratov, Russia

✉ kibalnik79@yandex.ru

Received by the editorial office: 03.09.2025

Accepted in revised: 28.12.2025

Accepted for publication: 25.01.2026

© Kibalnik O.P.

## Study of the phenological characteristics of sugar sorghum hybrids based on A2 cytoplasm when cultivated in the Saratov region

### ABSTRACT

**Relevance.** Studying the phenological characteristics of new sorghum varieties and hybrids is an important part of breeding work, especially in the northern sorghum-growing regions, where sugar sorghum plants grow in extreme conditions characterized by a lack of active temperature, light hours, and precipitation during certain periods of vegetation. *The purpose of the research* is to evaluate the phenological characteristics of sugar sorghum hybrids obtained using sterile A2 cytoplasm and identify promising combinations for further testing in arid conditions of the Saratov region.

**Methods.** Seven hybrids obtained on the basis of CMS lines with sterile A2 cytoplasm were grown during 2022–2024 at the experimental field of Institute “Rossorgo” and evaluated in accordance with generally accepted recommendations and methods.

**Results.** It was found that the duration of interphase periods and the growing season in general for  $F_1$  hybrids depended both on the prevailing weather conditions during the growing season and on the genotypic characteristics. The hybrids that are most suitable for the production of succulent fodder and sugar-containing products have been identified: А2 КВВ 114/к-10832 (116–118.7 days) has the lowest variability in the duration of the growing season during the test period, with a difference of 2.7 days; the most precocious hybrids are А2 Chaika/к-64 (101.0–111.3 days) and А2 Chaika/к-581 (102.0–113.0 days).

**Key words:** sorghum, CMS line, collection variety, hybrid, vegetation period, interphase period

**For citation:** Kibalnik O.P. Study of the phenological characteristics of sugar sorghum hybrids based on A2 cytoplasm when cultivated in the Saratov region. *Agrarian science.* 2026; 403 (02): 76–82 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2026-403-02-76-82>

## Введение/Introduction

Сорго сахарное — это культура многоцелевого назначения, обладающая большим разнообразием генотипов и широкой адаптацией к различным условиям выращивания [1, 2]. Так, среди сортов и гибридов можно выделить формы, приспособленные к возделыванию в умеренном или тропическом климате, большим или малым высотам над уровнем моря, заболоченным или засушливым условиям. Культура обеспечивает приемлемую урожайность при низком плодородии почв и уровне внесения удобрений по сравнению с традиционными культурами в стрессовых условиях возделывания [3]. Растительное сырье из данной культуры находит применение для производства продуктов питания, кормов и получения альтернативных возобновляемых источников энергии [4–6].

Сорго представляет собой типичное растение короткого дня, в связи с чем при интродукции в регионы с продолжительным световым днем отдельные генотипы утрачивают способность к цветению либо существенно замедляют свое фенологическое развитие. Данное свойство ограничивает использование таких образцов в селекционных программах [7]. При этом установлено, что сорго тропического происхождения проявляет большую чувствительность к фотопериоду по сравнению с формами, селекционированными в условиях умеренного климата [8, 9].

Важнейшим селекционным признаком культуры выступает продолжительность вегетационного периода. Позднеспелые образцы в основных зернопроизводящих регионах Российской Федерации, как правило, не успевают достигать полной спелости и формировать качественное зерно [10].

Длительность вегетационного периода детерминирована биологическими особенностями генотипа, складывающимися агроклиматическими условиями и определяется скоростью прохождения ключевых этапов органогенеза. В связи с этим в селекционной практике особое внимание уделяется изучению динамики прохождения основных фенологических фаз у растений сорго.

В современном сельскохозяйственном производстве отмечается устойчивая тенденция к расширению посевов гибридов первого поколения (F<sub>1</sub>) сорго, в том числе сахарного подвида. Известно, что гибриды обладают повышенной продуктивностью по сравнению с сортами, что обусловлено проявлением гетерозиса по ряду хозяйственно ценных признаков [10–12].

Создание гибридных форм стало возможным благодаря использованию в качестве материнского компонента линий с цитоплазматической мужской стерильностью (ЦМС). Несмотря на выявление у культуры нескольких типов стерильности, все гибриды сахарного сорго, допущенные к

возделыванию на территории РФ, созданы на основе цитоплазматического типа А1 [13].

Ограниченное генетическое разнообразие источников ЦМС повышает риски массовой уязвимости гибридов к патогенам, вредителям и абиотическим стрессам. В связи с этим актуальной задачей современной селекции является вовлечение в гибридизацию альтернативных источников стерильности, таких как цитоплазма А2.

*Цели исследований* — оценить фенологические особенности гибридов сахарного сорго, полученных с использованием стерильной цитоплазмы А2 и выделить перспективные комбинации для дальнейшего испытания в засушливых условиях Саратовской области.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Объектами исследований являются родительские формы и гибриды сорго. Гибриды F<sub>1</sub> были получены на основе ЦМС-линий А2 КВВ 114, А2 Чайка; в качестве отцовских форм в скрещивание вовлекались сортообразцы из коллекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова»», являющиеся донорами следующих селекционно-ценных признаков: к-54 отличается по высоте растений (206,6–208,2 см), площади наибольшего листа (233,9–302,8 см<sup>2</sup>), длине соцветия (22,5–24,1 см), урожайности биомассы (17,18–23,63 т/га); к-64 — площади наибольшего и флагового листьев (203,2–267,7 см<sup>2</sup> и 121,7–164,1 см<sup>2</sup> соответственно), размерам соцветия (длина 23,4 см, ширина 17,2 см), урожайности биомассы (22,76–23,68 т/га); к-581 — урожайности биомассы (до 22,09 т/га); к-5529 — площади наибольшего листа (219,3 см<sup>2</sup>), длине соцветия (23,3 см); к-10832 — площади наибольшего и флагового листьев (253,9–377,8 см<sup>2</sup> и 114,2–261,2 см<sup>2</sup> соответственно), длине соцветия (22,3–31,7 см), урожайности биомассы (25,83–26,25 т/га).

Всего в течение 2022–2024 гг. на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго», территориально расположенном в г. Саратове Саратовской области, проходили испытания 7 гибридов сахарного сорго. В качестве стандартов использовали 2 районированных по Нижневолжскому региону РФ сорта — Волжское 51 и Флагман<sup>1</sup>.

Агротехника выращивания — зональная, разработана для возделывания в Нижнем Поволжье<sup>2</sup>. Предшественник — черный пар. Весной перед посевом по мере созревания почвы участок бороновали в два следа, до посева проводили две культивации. Посев экспериментальных гибридов сахарного сорго и сортов-стандартов проведен 18–19 мая селекционной кассетной сеялкой СКС-6-10 (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Россия)

<sup>1</sup> Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорта растений (официальное издание). М.: Росинформагротех. 2025; 1: 631.

<sup>2</sup> Горбунов В.С. и др. Приемы повышения эффективности возделывания и переработки продукции сахарного сорго на кормовые и технические цели в условиях Нижнего Поволжья: рекомендации. Саратов: Орион. 2009; 31.

широкорядным способом с шириной междурядий 70 см. Закладка делянок осуществлена согласно рекомендациям А.Н. Шепеля<sup>3</sup>.

Площадь делянок в питомниках гибридном питомнике составила 7,7 м<sup>2</sup>.

Повторность трехкратная, размещение рендомизированное.

Густоту стояния растений корректировали вручную — 100–150 тыс. раст/га.

По мере отрастания сорняков междурядья культивировали.

Фенологические наблюдения включали фиксирование следующих фаз вегетации: всходы, выметывание, цветение и созревание<sup>4</sup>.

Обработка экспериментальных данных выполнена методом дисперсионного однофакторного анализа с помощью программы «Агрос 2.09»<sup>5</sup>.

Климатические условия в период проведения эксперимента существенно различались, что позволило полноценно оценить реакцию гибридов на факторы внешней среды по продолжительности вегетационного периода. Сумма активных температур изменялась в интервале 2516–2557 °С, а количество осадков — 176,2–189,2 мм. Так, 2022 и 2024 годы характеризовались достаточной влагообеспеченностью для Саратовской области: гидротермический коэффициент (ГТК) составил 0,75 и 0,83 соответственно, тогда как в 2023 году сложились более засушливые условия и ГТК на уровне 0,69<sup>6</sup>. Особенность сезона 2022 г. — выпадение 73,5 мм осадков в июле, 2023 г. и 2024 г. — 59,3 мм и 56,0 мм в июне соответственно. В 2024 году среднемесячные показатели температуры воздуха в июне, июле, сентябре были выше на 2,1–2,6 °С, а в августе остались на уровне среднемноголетних данных.

### Результаты и обсуждение / Results and discussion

Учитывая теплообеспеченность Саратовской области, селекцию сорго важно вести на скороспелость, чтобы образцы достигали полной спелости, особенно это условие необходимо для семеноводства родительских форм гибридов. Как отмечают исследователи, между продолжительностью вегетационного периода и продуктивностью существует корреляционная взаимосвязь [14]. Поэтому создавать новые скороспелые

и высокопродуктивные сорта и гибриды достаточно сложно. Поиску доноров скороспелости способствует изучение сортообразцов из коллекции генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, различающихся по происхождению, фенологическим и морфометрическим признакам [15].

В данную схему скрещиваний были включены и коллекционные сортообразцы, ежегодно вызревающие в условиях региона: к-64, к-10832, к-54, к-5529, к-581. В 2022 году период от посева до всходов составил 22,7–23,0 сут., в 2023-м он сократился до 13,7–15,7 (табл. 1). В среднем за два года исследований продолжительность периода «посев — всходы» показал значение 18,2–19,3 сут. (рис. 1А).

Дисперсионный анализ показал отсутствие значимых различий между гибридами по данному признаку как в среднем за два года, так и в каждый год исследований. Продолжительность периода признака «всходы — выметывание» в 2022 году составила 50,7–67,7 сут., в 2023 г. она увеличилась — 55,3–75,0 сут. (табл. 1). В среднем за два года исследований продолжительность периода «всходы — выметывание» варьировала в пределах 53,0–71,3 сут. Продолжительность данного периода у гибридов А2 КВВ 114/к-64 и А2 Чайка/к-64 в среднем за два года оказалась меньше по сравнению со стандартами — 53,0–54,5 против 55,3–56,3 сут. соответственно. Гибриды первого поколения А2 КВВ 114/к-10832 и 2 КВВ 114/к-54 значительно уступили стандартам: период «всходы — выметывание» достигал 65,2–71,3 сут. (рис. 1Б).

Период цветения у сорго считается критическим в развитии растений. Фаза цветения у сортов Волжское 51 и Флагман наступала через 63,8–64,8 сут. после всходов в среднем за 2022–2023 гг. У гибридов этот показатель варьировал в пределах 65,5–76,8 сут. (рис. 1В). На уровне стандартов оказались только два гибрида, у которых в качестве отцовской формы включали коллекционный сортообразец к-64. У гибридов на основе А2 КВВ 114 с образцами к-54 и к-10832 отмечен наибольший изучаемый период — 72,7–76,8 сут. Вместе с тем продолжительность периода в среднем по образцам в 2022 г. составила 69,1 сут., в 2023-м — 67,8 сут. при варьировании показателей 62,0–76,7 сут. и 65,3–78,0 сут. соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Продолжительность межфазных периодов гибридов F1 (сут.), 2022–2023 гг.

Table 1. Duration of interphase periods of F1 hybrids (days), 2022–2023

Гибрид, сорт	Посев — всходы		Всходы — выметывание		Всходы — цветение		Всходы — созревание	
	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.
Волжское 51(st)	23,0	14,7	56,0 с	56,7 а, b, с	64,0 b	65,7 а, b	107,0 b	113,7 b
Флагман(st)	23,0	15,7	54,0 b	56,7 а, b	62,0 а	65,7 а	103,0 а	113,7 b
А2 КВВ 114/к-64	22,7	14,3	50,7 а	58,3 с	65,7 с	67,3 b, c, d	107,7 b, c	114,3 b
А2 КВВ 114/к-10832	22,7	14,0	67,7 g, h	75,0 f	76,7 f, g	78,0 e	118,7 g, h	116,0 d

<sup>3</sup> Шепель Н.А. Селекция и семеноводство гибридного сорго. Ростов-на-Дону: Ростовский университет. 1985; 256.

<sup>4</sup> Куперман Ф.М. Биология развития культурных растений. М.: Высшая школа. 1982; 343.

<sup>5</sup> Мартынов С.П. Статистический и биометрико-генетический анализ в растениеводстве и селекции. Пакет программ Agros 2.09. Тверь, 1999.

<sup>6</sup> По данным химико-аналитической лаборатории ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Саратов.

Таблица 1. Продолжение

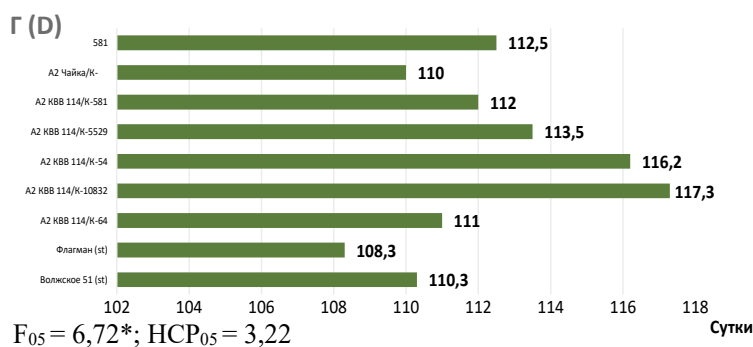
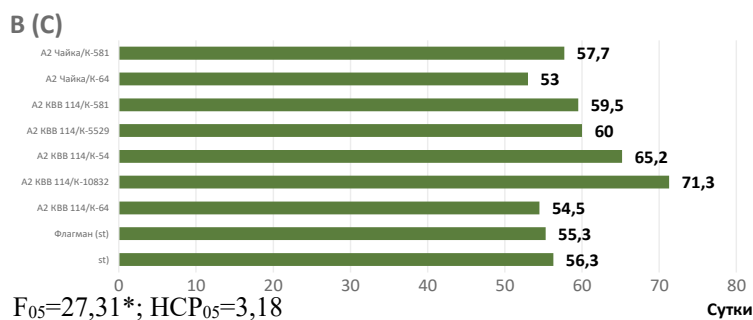
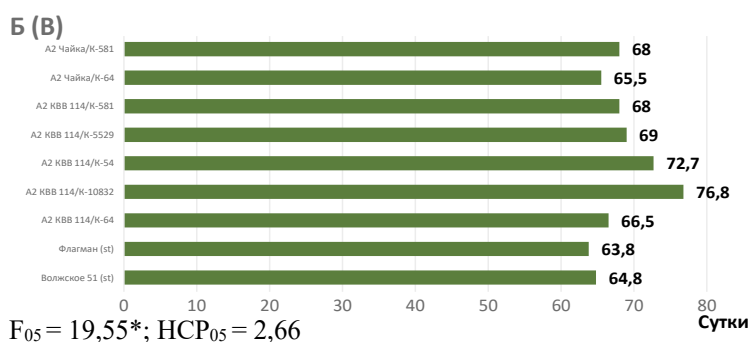
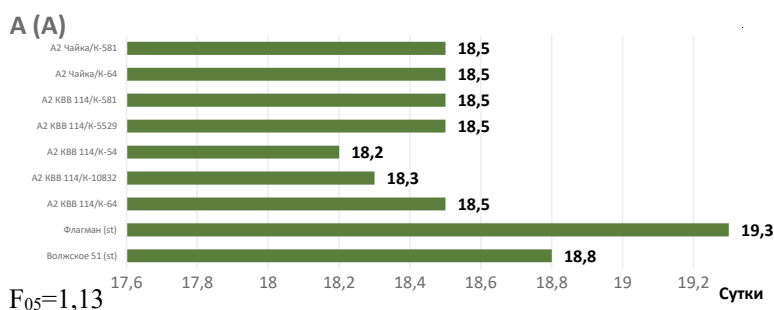
Гибрид, сорт	Посев — всходы		Всходы — выметывание		Всходы — цветение		Всходы — созревание	
	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.
A2 KBB 114/к-54	22,7	13,7	67,7 h	62,7 e	76,7 g	68,7 d	118,7 h	113,7 b
A2 KBB 114/к-5529	23,0	14,0	60,0 e	60,0 d	70,0 d, e	68,0 c, d	111,0 ef	116,0 c, d
A2 KBB 114/к-581	22,7	14,3	61,7 f	57,3 bc	70,7 e	65,3 a	110,7 d, e	113,3 b
A2 Чайка/к-64	22,7	14,3	50,7 a	55,3 a	65,7 c	65,3 a	108,7 c	111,3 a
A2 Чайка/к-581	23,0	14,0	59,3 d, e	56,0 a, b	70,0 e	66,0 a, b	112,0 f	113,0 b
Среднее	22,8	14,3	58,6	59,8	69,1	67,8	110,8	113,9
F <sub>05</sub>	0,20	1,22	347,28*	137,97*	88,50*	59,28*	177,35*	7,72*
HCP <sub>05</sub>	—	—	1,03	1,57	1,67	1,57	1,17	1,57

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ . Данные, обозначенные разными буквами, достоверно различаются между собой в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

**Рис. 1.** Продолжительность межфазных периодов (среднее за 2022–2023 гг.): А) «посев — всходы»; Б) «всходы — выметывание»; В) «всходы — цветение»; Г) «всходы — созревание»

**Fig. 1.** Duration of interphase periods (average for 2022–2023): A) “sowing — sprouting”; B) “sprouting — threshing”; C) “sprouting — flowering”; D) “sprouting — ripening”

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ .



Созревание сортов и гибридов сорго зафиксировано через 103,0–112,0 сут. после всходов в условиях 2022 г., тогда как в 2023-м этот интервал составил 111,3–116,0 сут. При этом в среднем по изучаемым образцам разница между продолжительностью периода «всходы — созревание» в разные по гидротермическим условиям годы исследований оказалась более 3 суток (табл. 1). В среднем за период двухлетних испытаний выявлена изменчивость показателей экспериментальных гибридов по сравнению с сортами-стандартами — от 108,3 до 117,3 сут. (рис. 1Г).

Исследования показали, что все гибриды уступили сорту Флагман по данному признаку. Только 2 комбинации (A2 KBB 114/к-10832 и A2 KBB 114/к-54) оказались с более продолжительным вегетационным периодом по сравнению с сортом Волжское 51.

Для использования сорго на кормовые цели предпочтение следует отдавать более скороспелым формам. У большинства комбинаций проявился эффект гетерозиса позднеспелости, характерный для гибридов сорго [11].

Литературные данные указывают на то, что гетерозис по продолжительности межфазных периодов может как проявляется в диапазоне 10–16%, так и в отдельных комбинациях отсутствовать [10–12]. Так, в среднем за 2022–2023 гг. позднеспелость по сравнению со стандартами проявилась по периоду «всходы — выметывание» у гибридов на основе A2 KBB 114 с образцами к-5529, к-54, к-10832, «всходы — цветение» — у всех, кроме гибридов с образцом к-64, «всходы — созревание» — у гибридов на основе A2 KBB 114 с образцами к-54 и к-10832.

Гибриды первого поколения А2 Чайка / к-64 и А2 Чайка / к-581 оказались скороспелее стандартов в фазу выметывания, тогда как в фазу цветения и созревания — на уровне районированных сортов. По итогам двухлетних испытаний было продолжено изучение комбинаций А2 Чайка / к-64 и А2 Чайка / к-581 в 2024 г. (рис. 2).

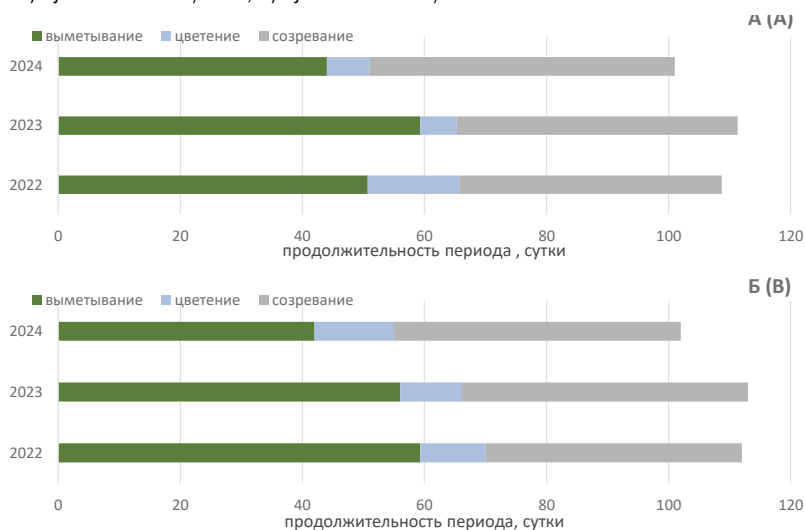
В условиях 2024 г. гибриды достигли созревания за 101,0–102,0 сут. В основном у гибридов сократился межфазный период от всходов до выметывания: у комбинации А2 Чайка / к-64 на 6,7–15,3 сут., А2 Чайка / к-581 — на 14,0–17,3 сут. по сравнению с показателями 2022–2023 гг. Очевидно, уменьшение межфазного периода связано с реакцией растений на повышение температуры воздуха в начальный период развития по сравнению со среднемноголетними данными. В среднем за трехлетний период вегетационный период составил 107–109 сут. Таким образом, выделенные гибриды целесообразны для выращивания в Саратовской области.

Как показали проведенные исследования, на продолжительность вегетационного периода гибридов  $F_1$  влияние оказали как климатические условия в сезон выращивания растений, так и генотипические особенности. В то же время в литературных источниках установлено, что концентрация и накопление сахаров имеют практически линейную зависимость с продолжительностью периода «всходы — цветение» и вегетационного периода в целом, а также с суммой активных температур в рассматриваемый промежуток времени [16–18].

Так, для производства сахаросодержащей продукции лучше подходят высокорослые гибриды с продолжительным периодом вегетации и толстым стеблем [16, 17]. Предыдущие исследования показали, что для перерабатывающей промышленности лучше подходит высокорослый и

**Рис. 2.** Продолжительность межфазных периодов скороспелых гибридов (2022–2024 гг.): А) гибрид А2 Чайка / к-64; Б) гибрид А2 Чайка / к-581

**Fig. 2.** Duration of interphase periods of early-maturing hybrids (2022–2024): А) hybrid А2 Chaika / к-64; Б) hybrid А2 Chaika / к-581



продуктивный гибрид А2 КВВ 114 / к-10832 [19]. Данный гибрид характеризуется незначительной изменчивостью продолжительности вегетационного периода за 2022–2023 гг. — 116,0–118,7 сут.

**Выводы/Conclusions**

Представленные исследования показали, что, несмотря на проявление позднеспелости по сравнению с сортами-стандартами, все тестируемые гибриды вызревали в условиях региона.

За период испытания новых гибридов сахарного сорго оказалось, что наиболее стабильный период вегетации за исследуемый период отмечен у А2 Чайка / к-581, А2 Чайка / к-64, А2 КВВ 114 / к-10832. Так, разница по продолжительности периода «всходы — созревание» у гибрида А2 КВВ 114 / к-10832 составила 2,7 сут. У гибридов на основе ЦМС-линий А2 Чайка с опылителями к-64 и к-581 раньше других наступало созревание: через 107,0 и 109,0 сут. в среднем за 2022–2024 гг. соответственно.

Гибридные комбинации на основе ЦМС-линий наиболее перспективны для использования на различные цели в условиях выращивания Саратовской области.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные. Автор несет ответственность за плагиат. Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

The author is responsible for the work and the submitted data. The author is responsible for plagiarism. The author declared no conflict of interest.

**ФИНАНСИРОВАНИЕ**

Работа выполнена в рамках тематического плана ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы» согласно госзаданию № 1022051600013-1 и 124020300044-6 Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

**FINANCING**

The work was carried out within the framework of the thematic plan of the Federal State Budgetary Institution “Russian Scientific Research and Design Technological Institute of Sorghum and Corn” according to the state assignment No. 1022051600013-1 and 124020300044-6 of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Xue X. *et al.* Sugar accumulation enhancement in sorghum stem is associated with reduced reproductive sink strength and increased phloem unloading activity. *Frontiers in Plant Science*. 2023; 14: 1233813. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1233813>

**REFERENCES**

1. Xue X. *et al.* Sugar accumulation enhancement in sorghum stem is associated with reduced reproductive sink strength and increased phloem unloading activity. *Frontiers in Plant Science*. 2023; 14: 1233813. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1233813>

2. Baiseitova G., Moraru G., Sarsenbayev B., Kirshibayev E., Kenenbayev S. Biological Characteristics and Productivity of Sweet Sorghum Varieties in the Arid Conditions of Southeastern Kazakhstan. *OnLine Journal of Biological Sciences*. 2021; 21(2): 245–252. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2021.245.252>
3. Turp G.A., Celebi A., Ozdemir S. Enhancing energy potential of sweet sorghum by biomass ash compost in the context of climate change and agroecosystem. *Industrial Crops and Products*. 2023; 199: 116776. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116776>
4. Tovignan T.K., Fonceka D., Ndoye I., Cisse N., Luquet D. The sowing date and post-flowering water status affect the sugar and grain production of photoperiodic, sweet sorghum through the regulation of sink size and leaf area dynamics. *Field Crops Research*. 2016; 192: 67–77. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.015>
5. Malabadi R.B., Kolkar K.P., Chalannavar R.K. Sweet sorghum for biofuel energy: grain sorghum for food and fodder-phytochemistry and health benefits. *International Journal of Innovation Scientific Research and Review*. 2022; 4(9): 3305–3323.
6. Dalton J. *et al.* Impact of Drought Stress on Sorghum bicolor Yield, Deconstruction, and Microbial Conversion Determined in a Feedstocks-to-Fuels Pipeline. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2024; 12(42): 15613–15622. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.4c05826>
7. Upadhyaya H.D., Vetriventhan M., Azevedo V.C.R. Variation for Photoperiod and Temperature Sensitivity in the Global Mini Core Collection of Sorghum. *Frontiers in Plant Science*. 2021; 12: 571243. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.571243>
8. Kouressy M., Dingkuhn M., Vaksman M., Heinemann A.B. Adaptation to diverse semi-arid environments of sorghum genotypes having different plant type and sensitivity to photoperiod. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2008; 148(3): 357–371. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2007.09.009>
9. Каменева О.Б., Кибальник О.П. Генотипические различия образцов сахарного сорго коллекции ВИР. *Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата. Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 35-летию ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»*. Саратов: Амирит. 2021; 137–143. EDN EDNVHT
10. Ковтунова Н.А., Володин А.Б., Ковтунов В.В. Гетерозис в селекции сахарного сорго. *Зерновое хозяйство России*. 2017; (1): 11–17. EDN YGUJOL
11. Володин А.Б., Капустин С.И., Капустин А.С. Схема селекции и уровень гетерозиса гибридов сорго сахарного. *Таврический вестник аграрной науки*. 2021; (1): 64–72. EDN NLDHJE
12. Kumar S., Srinivasa Rao P., Reddy B.V.S., Ravindrababu V., Reddy K.H.P. Heterosis and Inbreeding Depression in Tropical Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Crop Research*. 2016; 51(1). <https://doi.org/10.4172/2454-1761.1000104>
13. Кибальник О.П. Использование стерильной цитоплазмы А2 в селекции гибридов F1 сахарного сорго. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2024; 18(4): 16–28. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-4-16-28>
14. Романюкин А.Е., Шিশова Е.А., Ковтунова Н.А., Ермолина Г.М. Признаковая и генетическая коллекция скороспелых форм сахарного сорго. *Аграрный вестник Урала*. 2016; (7): 46–50. EDN WXAZVD
15. Жукова М.П., Володин А.Б., Голуб А.С., Чухлебова Н.С., Донец И.А. Результаты селекции сорго на гетерозис. *Вестник АПК Ставрополья*. 2016; (4): 163–168. EDN XWYXVL
16. Regassa T.H., Wortmann C.S. Sweet sorghum as a bioenergy crop: Literature review. *Biomass and Bioenergy*. 2014; 64: 348–355. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.03.052>
17. Audilakshmi S., Mall A.K., Swarnalatha M., Seetharama N. Inheritance of sugar concentration in stalk (brix), sucrose content, stalk and juice yield in sorghum. *Biomass and Bioenergy*. 2010; 34(6): 813–820. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.01.025>
18. Siddique A., Upadhyay H., Sharma M.K., Kumar A. Regulation of Sugar in Sweet Sorghum Crop — A Review. *Journal Pure and Applied Microbiology*. 2018; 12(1): 355–359 <https://doi.org/10.22207/JPAM.12.1.41>
19. Кибальник С.В., Кибальник О.П. Изучение гибридов F1 сорго на основе ЦМС типа А2 силосного направления использования. *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2025; 42: 149–163. EDN OTDWFE
2. Baiseitova G., Moraru G., Sarsenbayev B., Kirshibayev E., Kenenbayev S. Biological Characteristics and Productivity of Sweet Sorghum Varieties in the Arid Conditions of Southeastern Kazakhstan. *OnLine Journal of Biological Sciences*. 2021; 21(2): 245–252. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2021.245.252>
3. Turp G.A., Celebi A., Ozdemir S. Enhancing energy potential of sweet sorghum by biomass ash compost in the context of climate change and agroecosystem. *Industrial Crops and Products*. 2023; 199: 116776. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116776>
4. Tovignan T.K., Fonceka D., Ndoye I., Cisse N., Luquet D. The sowing date and post-flowering water status affect the sugar and grain production of photoperiodic, sweet sorghum through the regulation of sink size and leaf area dynamics. *Field Crops Research*. 2016; 192: 67–77. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.015>
5. Malabadi R.B., Kolkar K.P., Chalannavar R.K. Sweet sorghum for biofuel energy: grain sorghum for food and fodder-phytochemistry and health benefits. *International Journal of Innovation Scientific Research and Review*. 2022; 4(9): 3305–3323.
6. Dalton J. *et al.* Impact of Drought Stress on Sorghum bicolor Yield, Deconstruction, and Microbial Conversion Determined in a Feedstocks-to-Fuels Pipeline. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2024; 12(42): 15613–15622. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.4c05826>
7. Upadhyaya H.D., Vetriventhan M., Azevedo V.C.R. Variation for Photoperiod and Temperature Sensitivity in the Global Mini Core Collection of Sorghum. *Frontiers in Plant Science*. 2021; 12: 571243. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.571243>
8. Kouressy M., Dingkuhn M., Vaksman M., Heinemann A.B. Adaptation to diverse semi-arid environments of sorghum genotypes having different plant type and sensitivity to photoperiod. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2008; 148(3): 357–371. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2007.09.009>
9. Kameneva O.B., Kibalnik O.P. Genotypic differences of sugar sorghum samples from the vir collection. *Scientific support for sustainable development of the agro-industrial complex in the context of climate aridization. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 35th anniversary of the FSBI RusRDTI "Rossorgo"*. Saratov: Amirit. 2021; 137–143 (in Russian). EDN EDNVHT
10. Kovtunova N.A., Volodin A.B., and Kovtunov V.V. Heterosis in breeding of sweet sorghum. *Grain Economy of Russia*. 2017; (1): 11–17 (in Russian). EDN YGUJOL
11. Volodin A.B., Kapustin S.I., Kapustin A.S. Breeding scheme and heterosis level of sugar sorghum hybrids. *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2021; (1): 64–72 (in Russian). EDN NLDHJE
12. Kumar S., Srinivasa Rao P., Reddy B.V.S., Ravindrababu V., Reddy K.H.P. Heterosis and Inbreeding Depression in Tropical Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Crop Research*. 2016; 51(1). <https://doi.org/10.4172/2454-1761.1000104>
13. Kibalnik O.P. Use of sterile A2 cytoplasm in the selection of F1 sugar sorghum hybrids. *Far Eastern Agricultural Journal*. 2024; 18(4): 16–28 (in Russian). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-4-16-28>
14. Romanjukin A.E., Shishova E.A., Kovtunova N.A., Ermolina G.M. Trait and genetic collection of the early maturing forms of sweet sorghum. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016; (7): 46–50 (in Russian). EDN WXAZVD
15. Zhukova M.P., Volodin A.B., Golub A.S., Chukhlebova N.S., Donets I.A. The results of the breeding of sorghum on heterosis. *Agrarian Bulletin of Stavropol Region*. 2016; (4): 163–168 (in Russian). EDN XWYXVL
16. Regassa T.H., Wortmann C.S. Sweet sorghum as a bioenergy crop: Literature review. *Biomass and Bioenergy*. 2014; 64: 348–355. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.03.052>
17. Audilakshmi S., Mall A.K., Swarnalatha M., Seetharama N. Inheritance of sugar concentration in stalk (brix), sucrose content, stalk and juice yield in sorghum. *Biomass and Bioenergy*. 2010; 34(6): 813–820. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.01.025>
18. Siddique A., Upadhyay H., Sharma M.K., Kumar A. Regulation of Sugar in Sweet Sorghum Crop — A Review. *Journal Pure and Applied Microbiology*. 2018; 12(1): 355–359 <https://doi.org/10.22207/JPAM.12.1.41>
19. Kibalnik S.V., Kibalnik O.P. The study of sorghum hybrids F1 based on CMS A2 type silage direction of use. *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2025; 42: 149–163 (in Russian). EDN OTDWFE

## ОБ АВТОРАХ

**Оксана Павловна Кибальник**

доктор биологических наук, главный научный сотрудник  
*kibalnik79@yandex.ru*  
<https://orcid.org/0000-0002-1808-8974>

Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы,  
 1-й Институтский проезд, 4, Саратов, 410050, Россия

## ABOUT THE AUTHORS

**Oksana Pavlovna Kibalnik**

Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher  
*kibalnik79@yandex.ru*  
<https://orcid.org/0000-0002-1808-8974>

Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn,  
 4 1<sup>st</sup> Institute passage, Saratov, 410050, Russia

# ПРО ЯБЛОКО

ЗДЕСЬ ФОРМИРУЕТСЯ БУДУЩЕЕ  
РОССИЙСКОГО САДОВОДСТВА

9-11 июня 2026

МВЦ «МинводыЭКСПО»

ОРГАНИЗАТОРЫ:



ПОДРОБНАЯ  
ИНФОРМАЦИЯ  
О ВЫСТАВКЕ >

