

КОРМОПРОИЗВОДСТВО: ПОЛЕВОЕ И ЛУГОВОЕ / FODDER PRODUCTION: FIELD AND MEADOW

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.2.390-400>

УДК 633.6:574.24



Оценка влияния метеорологических факторов на рост, развитие и урожайность гибрида сорго сахарного Силосное 88 в условиях Новгородской области

© 2026. Е. П. Шкодина✉, О. В. Балун

ФГБНУ «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Особенности развития и формирования зеленой массы гибрида первого поколения сорго сахарного Силосное 88 для целей кормопроизводства изучали в 2017–2024 гг. в условиях Новгородской области на дерново-подзолистой среднекультуренной почве. Посев проводили в III декаде мая с нормой высева 20 кг/га и междурядьем 15 см, наблюдения и учеты – по общепринятым методикам, урожайность зеленой массы определяли в фазу выхода в трубку (до выметывания). Полученные за период исследований данные по агрометеорологическим показателям, срокам прохождения фенофаз и урожайности зеленой массы сорго сахарного Силосное 88 послужили основой для проведения корреляционного и регрессионного анализов. Установлена взаимосвязь длительности межфазных периодов вегетации от суммы активных (выше 10 °С) температур на всех этапах развития, наиболее сильная ($r = 0,95-0,99$) в межфазные периоды: «посев – всходы», «всходы – кущение», «кущение – выход в трубку». Увеличение количества выпавших осадков влияло на продолжительность межфазных периодов «всходы – кущение», «выход в трубку – выметывание», «выметывание – цветение» ($r = 0,80-0,90$). В период «всходы – кущение» установлена корреляционная взаимосвязь урожайности зеленой массы сорго сахарного Силосное 88 с суммой осадков ($r = -0,59$), суммой активных температур ($r = -0,61$) и длительностью периода ($r = -0,75$). Уравнение регрессии ($R^2 = 0,56$) показало, что уменьшение продолжительности периода «всходы – кущение» на 10 суток сопровождается повышением урожайности зеленой массы на 21 т/га. Полученные зависимости указывают, что для успешного выращивания сорго сахарного Силосное 88 необходимо наличие благоприятных агрометеорологических факторов на начальных этапах его развития, особенно в период «всходы – кущение» – именно в этот период закладывается его продуктивный потенциал.

Ключевые слова: коэффициент корреляции, урожайность зеленой массы, фазы развития, длительность фаз, зернокармальные интродуценты, метеопараметры

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (тема FFZF-2025-0009, рег. № НИОКР 125031803947-7).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Авторы благодарят лабораторию селекции и первичного семеноводства сорговых культур ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» за предоставленный семенной материал.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шкодина Е. П., Балун О. В. Оценка влияния метеорологических факторов на рост, развитие и урожайность гибрида сорго сахарного Силосное 88 в условиях Новгородской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(2):390–400. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.2.390-400>

Поступила: 04.02.2026

Принята к публикации: 13.04.2026

Доработана после рецензирования: 19.02.2026

Опубликована онлайн: 27.04.2026

Assessment of the influence of meteorological factors on the growth, development and yield of the ‘Silosnoe 88’ sweet sorghum hybrid in the Novgorod region

© 2026. Elena P. Shkodina✉, Olga V. Balun

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russian Federation

The characteristics of growth and green mass formation of the first-generation sweet sorghum hybrid ‘Silosnoe 88’ for fodder production purposes were studied in 2017–2024 in the Novgorod region on sod-podzolic medium-cultivated soil. The sowing was carried out in the third ten-day period of May with a seeding rate of 20 kg/ha and a row spacing of 15 cm, observations and records were conducted according to generally accepted methods, the yield of green mass was determined during the shooting phase (up to the «heading of panicles» phase). The data obtained during the research period on agrome-

teorological indicators, timing of phenophases and yield of green mass of 'Silosnoe 88' sweet sorghum served as the basis for conducting correlation and regression analyses. A dependence of the duration of interphase periods of vegetation on the sum of active (above 10 °C) temperatures at all stages of plant development was established, but a closer relationship ($r = 0.95-0.99$) was observed in the interphase periods: "sowing – young growth", "young growth – tillering", "tillering – shooting". An increase in the amount of precipitation affected the duration of the interphase periods "young growth – tillering", "shooting – heading of panicles", "heading of panicles – flowering" ($r = 0.80-0.90$). During the "young growth – tillering" period, a correlation was established between the yield of green mass of 'Silosnoe 88' sweet sorghum hybrid and the amount of precipitation ($r = -0.59$), the amount of active temperatures ($r = -0.61$), and the duration of the period ($r = -0.75$). The regression equation ($R^2 = 0.56$) showed that a reduction in the duration of the "young growth – tillering" period by 10 days was accompanied by an increase in green mass yield by 21 t/ha. The obtained dependencies indicate that for the successful cultivation of 'Silosnoye 88' sweet sorghum, the presence of favorable agrometeorological factors is necessary at the initial stages of its development, especially during the "young growth – tillering" period. It is during this period that its productive potential is laid.

Keywords: correlation coefficient, green mass yield, development phases, duration of phases, fodder cultures of introducers, meteorological parameters

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (theme FFZF-2025-0009, reg. No. NIOKR 125031803947-7).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

The authors thank the Laboratory of Sorghum Breeding and Primary Seed Production of the North Caucasus Federal Agricultural Research Centre for the seed material provided.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Shkodina E. P., Balun O. V. Assessment of the influence of meteorological factors on the growth, development and yield of the 'Silosnoe 88' sweet sorghum hybrid in the Novgorod region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2026;27(2):390–400. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.2.390-400>

Received: 04.02.2026

Revised: 19.02.2026

Accepted for publication: 13.04.2026

Published online: 27.04.2026

Новгородская область входит в зону рискованного земледелия, для которой процесс получения продукции растениеводства обусловлен высокими рисками: коротким вегетационным периодом, поздними весенними и ранними осенними заморозками, низким почвенным плодородием, низкой теплообеспеченностью в совокупности с повышенным количеством осадков. Подбор культур для целей растениеводства, в т. ч. кормопроизводства, ведется с учетом данных факторов риска. В настоящее время ученые говорят о потеплении климата на планете. Анализ данных по метеостанции Новгород показал, что эти явления затронули Новгородскую область: за последний 70-летний период сумма активных температур вегетационного периода выросла почти на 200 °C [1]. Отмечается, что с изменением климата увеличивается число опасных метеорологических явлений – ливней, смерчей, ураганных ветров, засушливых и, напротив, избыточно влажных периодов¹.

В Новгородской области в течение вегетации часто стали встречаться периоды с дефицитом влаги и высокой для региона температурой, дождливые периоды с низкими положительными температурами, поздние заморозки весной и ранние – осенью. Все чаще (особенно

во второй половине вегетации) сочетания погодных факторов создают неблагоприятные условия для организации заготовки кормов: либо возникают трудности с уборкой травостоя из-за переувлажнения почвы, либо нет травостоя, пригодного к уборке, и образуется дефицит сырья для получения зеленой массы. Самый дешевый источник – многолетние травы – не в состоянии обеспечить потребности отрасли, возникает необходимость в поиске новых источников для производства кормов с высокими, адаптивными к меняющемуся климату свойствами.

В южных регионах нашей страны на кормовые цели традиционно выращиваются мятликовые культуры, обладающие высокой продуктивностью и одновременно нетребовательные к пищевому и водно-воздушному режимам. К ним относятся растения, включенные в группу зернокармликовых: пайза, чумиза, могоар, просо африканское, кукуруза, виды сорго (зерновое, травянистое, сахарное), сорго-суданковые гибриды. В ареале выращивания эти культуры используют в кормовом балансе на зернофураж, зеленый корм, сено, силос, сенаж, на выпас, они являются страховыми в случае гибели озимых хлебов при сильной засухе в начале вегетации [2].

¹Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. М., 2021. 104 с. URL: http://downloads.igce.ru/climate_change/ezhegodnye-doklady/doklad-o-klimate-rf-2020red2903.pdf

В Северо-Западном экономическом регионе из перечисленных культур хорошо известна и широко используется на корм кукуруза. Особенности выращивания и выбор подходящих для условий региона сортов и гибридов для кукурузы известны, поскольку она прошла интродукцию в середине XX века и широко используется в качестве силосной культуры. Остальные культуры в регионе до сих пор малоизвестны и редко применяются. Условия их выращивания, биологические особенности слабо или почти не изучены, хотя по характеристикам зеленой массы они не уступают кукурузе, при этом, по данным селекционеров и производителей зоны возделывания, они менее капризны и менее требовательны к условиям выращивания [3, 4, 5].

Сорго является самой теплолюбивой из перечисленных культур. Сорго сахарное (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) отличается наличием сочной сердцевинки стеблей (у остальных видов сорго она полусухая или губчатая) с высоким содержанием легкорастворимых углеводов. Количество сахаров в соке колеблется от 12–14 до 16–20 % в зависимости от сорта или гибрида, поэтому сорго сахарное лучше поедается скотом в свежем виде и по кормовым достоинствам превосходит кукурузу^{2,3}, поскольку зеленая масса хорошо сбалансирована по сахаро-протеиновому соотношению. Урожайность зеленой массы в зоне традиционного выращивания составляет 50 т/га и более [6, 7, 8]. В период созревания зерна стебли и листья у сахарного сорго остаются сочными, заготавливать силос из него можно вплоть до полной спелости зерна [9].

Сорго сахарное в качестве кормовой культуры активно изучается и внедряется в производство на юго-западе Нечерноземной зоны (Брянская область) [10], в Западной Сибири и на Алтае [11], в Республике Беларусь [12, 13]. Начали изучать возможности интродукции сорговых культур в начале 2020-х годов в Московском регионе и Вологодской области [14, 15]. В Новгородском НИИСХ – филиале СПб ФИЦ РАН вопросом выращивания в регионе на корм просовых и сорговых культур занимаются с 2016 г. Исследованиями установлено, что несмотря на южное проис-

хождение, эти культуры проявили высокий адаптивный и продуктивный потенциал [16, 17].

Для расширения использования сахарного сорго в зеленом конвейере на Северо-Западе Нечерноземья необходимы знания о влиянии климатических условий местности на продуктивность и параметры онтогенеза культуры. В АНЦ «Донской» установили корреляционные связи параметров листовой пластины у сорго сахарного с урожайностью зеленой массы и метеоусловиями. Ученые выявили сильную зависимость между шириной листа и урожайностью зеленой массы. Определены прямые сильные корреляционные зависимости длины листа с урожайностью и количеством осадков за вегетационный период ($r = 0,78 \pm 0,05$) [18]. В Омской области выяснили, что в засушливых условиях урожайность сухого вещества сорго сахарного уменьшается в два и более раз по сравнению с благоприятными по влагообеспеченности [19]. На урожайность зеленой массы влияет и плотность посева. Для сортов Сажень и Лиственит оптимальной густотой посева определено 500 тыс. всхожих семян на 1 га [4]. В условиях юго-востока Республики Беларусь установлена прямая зависимость урожайности зеленой массы сорго сахарного от ГТК в оптимальные сроки уборки ($R^2 = 0,64$). Выявлена тесная линейная зависимость между урожайностью и количеством осадков на начальных этапах онтогенеза, в период от кущения до выхода в трубку, в то же время какой-либо существенной зависимости урожайности от количества тепловой энергии в эти фазы роста не отмечено [20]. Для сорго-суданкового гибрида Навигатор в условиях Новгородской области установлена тесная корреляционная связь между урожайностью и количеством осадков в период от посева до всходов ($r = 0,88$), а также между урожайностью и ГТК ($r = 0,70$) в период от посева до выхода в трубку. Также установлено, что в Северо-Западном регионе продолжительность периода от всходов до кущения у сорговых культур находится в тесной взаимосвязи с суммой активных температур и суммой осадков в этот период вегетации, а длительность этого периода влияет на уровень урожайности зеленой массы [21, 22].

²Медведев П. Ф., Сметанникова А. И. Кормовые растения европейской части СССР: справочник. Л.: Колос, Ленингр. отд-ние, 1981. 336 с.

³Капустин С. И., Володин А. Б. Возделывание сорго и однолетних кормовых культур в засушливых условиях юга России: учебно-методическое пособие. Ставрополь, 2022. 103 с.

Цель исследований – изучить особенности развития и формирования зеленой массы гибрида сорго сахарного Силосное 88 в зависимости от агрометеорологических условий Новгородской области.

Научная новизна – для Северо-Западного региона Нечерноземной зоны такие исследования проводятся впервые, границы выращивания сорго сахарного проходят по югу Нечерноземья (Центральный регион).

Материал и методы. Исследования проводили в течение восьми лет (2017–2024 гг.) на опытном участке Новгородского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра Российской академии наук. Почвы участка типичные для региона, дерново-подзолистые, среднекультуренные, по механическому составу легко- и среднесуглинистые. Пахотный горизонт (0–20 см) характеризовался низким содержанием гумуса – 2,81–3,57 % (по методу Тюрина⁴), слабкокислой и близкой к нейтральной реакцией среды – рН_{KCl} – 5,1–6,6⁵, повышенной и высокой обеспеченностью подвижными соединениями фосфора и калия –120–737 и 101–229 мг/кг соответственно (по методу Кирсанова⁶).

В качестве объекта для исследований выбран гибрид сорго сахарного первого поколения Силосное 88, который включен в Государственный реестр селекционных достижений в 1993 году (код гибрида 9002731⁷), имеет допуск в шести регионах, в Северо-Западном регионе допуска не имеет.

Оригинатором гибрида сорго сахарного Силосное 88 является ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», авторы А. Б. Володин, М. П. Жукова, Э. К. Вахопский, А. В. Широбоков. По данным

оригинатора⁸, сорго сахарное Силосное 88 является среднеспелым, в регионе возделывания вегетационный период составляет 110–120 дней, высота растений достигает 280 см, урожайность зеленой массы – 60–70 т/га, сухого вещества – 18 т/га, зерна – 6 т/га.

Предшественники сорго сахарного на опытных участках: в 2016 г. – овес; 2017, 2018 гг. – картофель; 2019 г. – занятый пар по пласту многолетних трав; 2020 г. – картофель; 2021–2024 гг. – овес. Посев проводили в 20-х числах мая рядовым способом с междурядьем 15 см, норма высева 20 кг/га на делянках 10 м² с систематическим размещением в 4-кратной повторности. Подготовка почвы стандартная, перед посевом вносились удобрения в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ (азофоска), уход включал прополку и рыхление. Наблюдения за развитием растений и учеты проводили по методическим указаниям ВНИИК⁹, урожайность определяли в фазу выхода в трубку до выметывания с целью использования в кормосырьевом конвейере на зеленый корм и сено.

Обработку данных для выявления зависимостей проводили на базе программных продуктов Microsoft Excel методами регрессионного и корреляционного анализов¹⁰. Существенность корреляционных связей определяли на уровне значимости 0,05.

Данные о погодных условиях за период наблюдений по метеостанции Великий Новгород¹¹ приведены в таблице 1, гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитан по методу Селянинова¹².

В среднем за годы наблюдений количество годовых осадков и осадков вегетационного периода, среднегодовая температура и сумма активных температур вегетационного периода были выше нормы, а ГТК равен норме.

⁴ГОСТ 26213-21. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 7 с. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/75803/>

⁵ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО.

М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 7 с. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/29278>

⁶ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартиформ, 2019. 7 с. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/52221/>

⁷Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию. [Электронный ресурс]. URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/silosnoe-88-sorgo-sakharnoe/> (дата обращения 27.11.2025).

⁸Сорта и гибриды сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Каталог. 15-е изд. Ставрополь, 2025 г. 233 с. URL: <http://cloud.fnac.center/KATALOG-CENTRA.pdf>

⁹Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: ВНИИК, 1987. 197 с.

¹⁰Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

¹¹Архив погоды в Великом Новгороде. [Электронный ресурс]. URL: <http://rp5.ru/> (дата обращения 27.11.2025).

¹²Агрометеорология: учебник. СПб: ООО «КВАДРО», 2012. 368 с.

Таблица 1 – Агрометеорологические условия за период исследований /
Table 1 – Agrometeorological conditions during the research period

Год / Year	Годовая сумма осадков, мм / Annual precipitation, mm	Среднегодовая температура воздуха, °С / Average annual temperature, °C	Сумма осадков за период с $t > 10$ °С, мм / The amount of precipitation for a period with temperatures above 10 °C, mm	Сумма температур выше 10 °С, °С / The sum of temperatures greater than 10 °C, °C	ГТК / Hydrotherma l coefficient
2017	885	5,8	481	1952	2,46
2018	543	6,1	274	2414	1,14
2019	821	6,8	392	2084	1,88
2020	587	7,7	253	2366	1,07
2021	817	5,8	404	2207	1,83
2022	525	6,2	232	1961	1,18
2023	701	6,5	239	2359	1,01
2024	671	7,4	237	2533	0,94
Среднее / Average	694	6,5	314	2235	1,41
Среднегодовое / Annual average value	605	5,7	308	2177	1,41

За восемь лет наблюдений годовая сумма осадков в течение трех лет была ниже средне-многолетнего значения, на протяжении пяти лет – выше на 11–46 %. Среднегодовая сумма осадков за период исследований превысила среднее многолетнее значение на 89 мм (15 %), среднегодовая температура – на 0,8 °С (14 %). Вегетационные периоды по влагообеспеченности также отличались большим разнообразием: пять лет количество осадков отмечено ниже среднегодовое значение на 37–76 мм, три года – выше на 84–173 мм. По теплообеспеченности вегетационные периоды в среднем были на 58 °С теплее нормы, по влагообеспеченности отличались экстремальностью: избыточно увлажненные (ГТК – 1,83–2,46), засушливые (ГТК = 0,94) и обеспеченного увлажнения (ГТК –1,01–1,18). Анализ данных по суммам активных температур и суммам осадков за вегетационный период позволил получить тренд на снижение теплообеспеченности вегетационного периода при увеличении влагообеспеченности по зависимости: $y = -1,32x + 26$, при коэффициенте детерминации $R^2 = 0,35$.

Результаты и их обсуждения. Посев сорго сахарного Силосное 88 проводили в годы исследований, как правило, в третьей декаде мая, за исключением 2019 и 2022 гг., когда благоприятные условия для посева сложились к середине – концу второй декады (табл. 2).

Сорго сахарное, как и все сорговые культуры, отличается медленным ростом на начальном этапе, т. к. сначала культура формирует корневую систему. Период от посева до

всходов составлял две – три недели (14–22 суток), в 2018 г. он составил полтора месяца (44 суток), т. к. в этот промежуток времени практически отсутствовали осадки, всходы появились после первых выпавших дождей. Длительность межфазного периода от всходов до кущения в среднем составила три недели, однако в 2018 и 2024 гг. – менее двух недель (12–13 дней), а в 2023 г. – 41 день.

Продолжительность периода от всходов до фазы выметывания, когда формировалась урожайность зеленой массы, в 2018, 2021, 2022, 2024 гг. была более двух месяцев (64–75 суток), в 2019, 2020, 2023 гг. достигала трех месяцев и более (83–105 суток), в 2017 г. растения до конца вегетации находились в фазе выхода в трубку. В период исследований отмечены большие колебания урожайности зеленой массы: минимальная (20–21 т/га) получена в 2017 и 2023 гг., максимальная (107–110 т/га) – в 2020 и 2021 гг.

Влияние погодных условий на длительность межфазных периодов вегетации оценивали с помощью методов корреляционного и регрессионного анализов. Основными критериями, влияющими на рост и развитие растений, являются сумма активных температур (выше 10 °С) и количество выпавших за этот период осадков. Корреляционный анализ показал прямую положительную взаимосвязь между длительностью межфазных периодов и суммой осадков на всех этапах развития сорго сахарного Силосное 88 ($r = 0,46–0,90$, при $p = 0,05$), кроме периодов «посев – всходы»,

«кущение – выход в трубку», «посев – цветение». Наиболее существенна данная зависимость в межфазные периоды «всходы – кущение», «выход в трубку – выметывание», «выметывание – цветение» ($r = 0,80-0,90$). Полученные

уравнения регрессии ($R^2 = 0,54-0,81$) показывают, что на определенных этапах роста и развития растений при увеличении количества выпавших осадков межфазные периоды удлинились (табл. 3).

Таблица 2 – Сроки наступления фаз роста и развития гибрида сорго сахарного Силосное 88 и урожайность зеленой массы в годы исследований /

Table 2 – Timing of the growth and development phases of ‘Silosnoe 88’ sugar sorghum hybrid and the yield of green mass during the years of research

Год / Year	Дата посева / Date of sowing	Фаза роста и развития / Growth and development phase					Дата заморозка / Date of frost	Урожайность зеленой массы, т/га / Green mass yield, t/ha
		всходы / young growth	кущение / tiller-ring	выход в трубку / shooting	выметывание / heading of panicles	цветение / flower-ring		
2017	22.05	07.06	28.06	09.08	-	-	21.10	21
2018	22.05	05.07	18.07	24.07	07.09	20.09	25.09	71
2019	15.05	06.06	24.06	05.07	11.09	-	18.09	58
2020	25.05	08.06	30.06	11.08	30.08	15.09	21.10	110
2021	25.05	09.06	30.06	15.07	12.08	07.09	17.09	107
2022	18.05	06.06	05.07	25.07	19.08	29.08	05.09	27
2023	23.05	13.06	24.07	11.09	26.09	09.10	10.10	20
2024	21.05	06.06	18.06	10.07	20.08	04.09	21.09	99

Таблица 3 – Зависимость продолжительности межфазных периодов вегетации гибрида сорго сахарного Силосное 88 (y, сут) от метеопараметров (x) (2017–2024 гг.) /

Table 3 – Dependence of the duration of interphase periods of ‘Silosnoe 88’ sweet sorghum hybrid (y, days) on meteorological parameters (x) (2017–2024)

Межфазный период / The interphase period	Метеопараметр / Meteorological parameter		
	сумма осадков, мм / precipitation amount, mm	сумма температур воздуха >10 °C, °C / The sum of air temperatures >10 °C, °C	ГТК / hydrothermal coefficient
Посев – всходы / Sowing – young growth	$y = 0,11x + 16,89$ $R^2 = 0,06$	$y = 0,06x + 2,10$ $R^2 = 0,93$	$y = -3,27x + 25,31$ $R^2 = 0,11$
Всходы – кущение / Young growth – tillering	$y = 0,34x + 8,98$ $R^2 = 0,64$	$y = 0,06x - 2,93$ $R^2 = 0,91$	$y = 17,82x + 6,93$ $R^2 = 0,14$
Кущение – выход в трубку / Tillering – shooting	$y = 0,003x + 17,68$ $R^2 = 0,01$	$y = 0,06x - 0,57$ $R^2 = 0,98$	$y = -1,80x + 27,00$ $R^2 = 0,15$
Выход в трубку – выметывание / Shooting – heading of panicles	$y = 0,29x + 9,26$ $R^2 = 0,73$	$y = 0,05x - 0,80$ $R^2 = 0,81$	$y = 18,64x + 9,41$ $R^2 = 0,21$
Выметывание – цветение / Heading of panicles – flowering	$y = 0,07x + 11,09$ $R^2 = 0,81$	$y = 0,06x + 1,14$ $R^2 = 0,78$	$y = 1,41x + 12,12$ $R^2 = 0,33$
Посев – кущение / Sowing – tillering	$y = 0,28x + 22,53$ $R^2 = 0,47$	$y = 0,06x + 1,46$ $R^2 = 0,62$	$y = 11,91x + 33,12$ $R^2 = 0,11$
Посев – выход в трубку / Sowing – shooting	$y = 0,10x + 47,78$ $R^2 = 0,50$	$y = 0,05x + 9,99$ $R^2 = 0,80$	$y = 3,56x + 63,68$ $R^2 = 0,02$
Посев – выметывание / Sowing – heading of panicles	$y = 0,22x + 51,85$ $R^2 = 0,38$	$y = 0,07x - 16,49$ $R^2 = 0,64$	$y = 19,18x + 76,50$ $R^2 = 0,06$
Посев – цветение / Sowing – flowering	$y = 0,03x + 103,71$ $R^2 = 0,03$	$y = 0,06x - 3,72$ $R^2 = 0,53$	$y = 7,37x + 97,52$ $R^2 = 0,03$
Всходы – выход в трубку / Young growth – Shooting	$y = 0,15x + 25,66$ $R^2 = 0,54$	$y = 0,06x + 1,52$ $R^2 = 0,89$	$y = 4,28x + 41,34$ $R^2 = 0,03$
Всходы – выметывание / Young growth – heading of panicles	$y = 0,27x + 29,99$ $R^2 = 0,48$	$y = 0,07x - 21,72$ $R^2 = 0,68$	$y = 25,20x + 46,53$ $R^2 = 0,10$
Всходы – цветение / Young growth – flowering	$y = 0,12x + 57,06$ $R^2 = 0,21$	$y = 0,10x - 74,55$ $R^2 = 0,69$	$y = 13,37x + 67,31$ $R^2 = 0,06$

Установлено, что сумма активных температур на длительность фаз развития сорго сахарного в условиях умеренного климата оказывает еще более существенное влияние, тесные корреляционные связи прослеживаются во все межфазные периоды ($r = 0,72-0,99$). Сильная взаимосвязь ($r = 0,95-0,99$) выявлена между продолжительностью фаз развития и уровнем теплообеспеченности в межфазные периоды «посев – всходы», «всходы – кущение», «кущение – выход в трубку». Наиболее важно наличие тепла в межфазный период «кущение – выход в трубку» ($r = 0,99, R^2 = 0,98$).

Влияния ГТК на длительность большинства межфазных периодов не выявлено.

Учет урожая зеленой массы сорго сахарного Силосное 88 проводили до фазы выметывания, средняя урожайность за 8 лет изучения составила 64 т/га (от 20 до 110 т/га). Сумма активных температур в эти годы за период от всходов до выметывания изменялась в пределах 1483–2167 °С, сумма осадков – 158–234 мм, ГТК – 1,07–1,71. Результаты регрессионного анализа по выявлению зависимостей урожайности зеленой массы от метеорологических показателей вегетационных периодов показаны в таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость урожайности зеленой массы гибрида сорго сахарного Силосное 88 (y, т/га) от метеорологических условий и продолжительности межфазного периода (x) (2017–2024 гг.) /

Table 4 – Dependence of the yield of ‘Silosnoe 88’ sweet sorghum hybrid green mass (y, t/ha) on weather conditions and the duration of the interphase period (x) (2017–2024)

Межфазный период / The interphase period	Сумма осадков, мм / Sum of precipitation, mm	Сумма температур, воздуха >10 °С, °С / Sum of air temperatures >10 °С, °С	ГТК / Hydrothermal coefficient	Продолжительность межфазного периода, сут / Duration of the interphase period, days
Посев – всходы / Sowing – young growth	$y = 0,21x + 56,64$	$y = 0,01x + 62,02$	$y = 0,25x + 63,79$	$y = -0,46x + 3,83$
	$R^2 = 0,01$	$R^2 = 0,01$	$R^2 = 0,01$	$R^2 = 0,01$
Всходы – кущение / Young growth – tillering	$y = -0,70x + 99,24$	$y = -0,12x + 115,32$	$y = -54,18x + 121,73$	$y = -2,09x + 118,21$
	$R^2 = 0,35$	$R^2 = 0,37$	$R^2 = 0,17$	$R^2 = 0,56$
Кущение – выход в трубку / Tillering – shooting	$y = -0,35x + 89,87$	$y = 0,004x + 62,73$	$y = -6,16x + 80,78$	$y = -0,07x + 65,61$
	$R^2 = 0,33$	$R^2 = 0,01$	$R^2 = 0,27$	$R^2 = 0,01$
Выход в трубку – выметывание / Shooting – heading of panicles	$y = 0,20x + 54,35$	$y = 0,02x + 59,25$	$y = 46,10x + 13,74$	$y = -0,05x + 72,05$
	$R^2 = 0,09$	$R^2 = 0,02$	$R^2 = 0,31$	$R^2 = 0,01$
Посев – кущение / Sowing – tillering	$y = -0,56x + 112,07$	$y = -0,11x + 146,12$	$y = -23,49x + 91,01$	$y = -2,24x + 168,95$
	$R^2 = 0,24$	$R^2 = 0,27$	$R^2 = 0,06$	$R^2 = 0,66$
Посев – выход в трубку / Sowing – shooting	$y = -0,28x + 109,53$	$y = -0,03x + 94,26$	$y = -23,09x + 97,90$	$y = -1,07x + 137,81$
	$R^2 = 0,39$	$R^2 = 0,06$	$R^2 = 0,27$	$R^2 = 0,33$
Посев – выметывание / Sowing – heading of panicles	$y = -0,11x + 94,14$	$y = -0,07x + 187,5$	$y = 12,66x + 54,96$	$y = -1,29x + 199,15$
	$R^2 = 0,02$	$R^2 = 0,17$	$R^2 = 0,01$	$R^2 = 0,44$
Всходы – выход в трубку / Young growth – shooting	$y = -0,31x + 102,42$	$y = -0,02x + 83,45$	$y = -26,63x + 105,52$	$y = -0,76x + 100,73$
	$R^2 = 0,45$	$R^2 = 0,06$	$R^2 = 0,36$	$R^2 = 0,21$
Всходы – выметывание / Young growth – heading of panicles	$y = -0,26x + 117,78$	$y = -0,06x + 154,85$	$y = -28,08x + 105,51$	$y = -1,22x + 165,92$
	$R^2 = 0,10$	$R^2 = 0,11$	$R^2 = 0,03$	$R^2 = 0,33$

Уровень урожайности зеленой массы сорго сахарного Силосное 88 умеренно коррелирует с количеством выпавших осадков в межфазные периоды «всходы – кущение» и «кущение – выход в трубку» ($-0,57-0,59$), объяснительная способность уравнения регрессии для периода «всходы – выход в трубку» также умеренная ($R^2 = 0,45$). В период от посева до всходов и от выхода в трубку до выметывания

связи урожайности культуры с осадками не установлено.

Сумма активных температур в сильной степени влияла на урожайность сорго сахарного Силосное 88 в период «всходы – кущение» ($r = -0,61$), однако объяснительная способность регрессионной умеренная ($R^2 = 0,37$). В остальные периоды зависимости урожайности от сумм активных температур не установлено.

Средняя прямая степень взаимосвязи урожайности от ГТК отмечена в межфазный период «выход в трубку – выметывание» ($r = 0,56$, $R^2 = 0,31$) и обратная в межфазный период «всходы – выход в трубку» ($r = -0,60$, $R^2 = 0,36$), в остальные периоды связь слабая или не прослеживается.

Продолжительность межфазных периодов «всходы – кущение» и «посев – кущение» оказала сильное влияние на величину урожайности сорго сахарного Силосное 88 ($r = -0,75$ и $r = -0,81$ соответственно), что подтверждается приемлемостью ($R^2 = 0,56-0,66$) соответствующих уравнений регрессии, согласно которым урожайность зеленой массы снижается в среднем на 2,09–2,24 т/га, если длительность отмеченных периодов увеличивается на сутки. Взаимосвязь урожайности зеленой массы и длительности периодов «всходы – выход в трубку», «всходы – выметывание», «посев – выход в трубку» находилась на среднем уровне с коэффициентами корреляции $-0,45...-0,57$, но слабой объяснительной способностью регрессионной модели ($R^2 = 0,21-0,33$).

Таким образом, анализ материалов исследований показал, что урожайность сорго сахарного Силосное 88 зависит от скорости прохождения фаз роста и развития в начальный период вегетации. В межфазный период «всходы – кущение» на урожайность зеленой массы сорго сахарного Силосное 88 существенное влияние оказывают сразу три показателя:

сумма активных температур ($r = -0,61$), сумма осадков ($r = -0,59$) и длительность межфазного периода ($r = -0,75$).

Заключение. Исследования особенностей развития и формирования зеленой массы гибрида сорго сахарного Силосное 88 в условиях Новгородской области в период 2017–2024 гг. выявило тесную корреляционную взаимосвязь ($r = 0,53-0,99$) между продолжительностью межфазных периодов вегетации и суммой активных температур. Наиболее тесная связь прослеживается между количеством осадков и продолжительностью периодов «всходы – кущение», «выход в трубку – выметывание», «выметывание – цветение», «посев – выход в трубку», «всходы – выход в трубку» ($r = 0,71-0,90$). Уровень урожайности зеленой массы гибрида сорго сахарного Силосное 88 закладывается в период от всходов до кущения в зависимости от метеорологических условий. Полученное уравнение регрессии ($R^2 = 0,56$) показывает, что уменьшение продолжительности этого периода на 10 суток приводит к повышению урожайности зеленой массы сорго на 21 т/га.

Таким образом, в условиях Новгородской области для сорго сахарного Силосное 88 особенно важно наличие благоприятных погодных условий на начальном этапе развития, в межфазный период «всходы – кущение», именно в этот период закладывается потенциал продуктивности культуры.

Список литературы

1. Балун О. В., Яковлева В. А. Влияние способа осушения на водно-воздушный режим мелиорируемых почв. Современные тенденции в научном и кадровом обеспечении АПК: Мат-лы Всеросс. научн.-практ. конф. с международ. участием. Великий Новгород: Новгородский ГУ имени Ярослава Мудрого, 2020. С. 272–277. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42923285> EDN: VJVBUT
2. Кибальник О. П., Ефремова И. Г., Бочкарева Ю. В., Прахов А. В., Семин Д. С. Продуктивность сорговых культур в зависимости от агротехнических приемов возделывания в регионах Российской Федерации (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(2):155–166. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.155-166> EDN: FWGDSM
3. Дуборезов И. В., Косолапов А. В., Дуборезов В. М. Урожайность и питательность вегетативной массы силосных культур. Российская сельскохозяйственная наука. 2022;(3):14–18. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500262722030036> EDN: GBUSKH
4. Эргашев Ш. Т., Дронов А. В., Бельченко С. А., Милехина Н. В. Особенности развития и биологическая урожайность кормовой массы новых сортов сорго сахарного [*Sorghum Saccharatum* (L.) Moench] в агроклиматических условиях Брянского Ополья. Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: мат-лы XXII Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. Заслуж. работника с/х РСФСР, зав. Кокинским опорным пунктом НИЗИСНП, доцента кафедры плодовоовощеводства Брянского СХИ А. А. Высоцкого и 85-летию со дня рожд. Заслуж. деятеля науки РФ, доктора с.-х. наук, проф., зав. каф. общего земледелия и раст-ва Брянской ГСХА В. Ф. Мальцева. Брянск: Брянский ГАУ, 2025. С. 101–106. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82514168> EDN: SIWRMD
5. Антимонова О. Н., Сыркина Л. Ф., Антимонов А. К. Питательная ценность кормов из сахарного и зернового сорго в одновидовых и совместных компонентах. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024;(3(75)):62–70. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-03-07> EDN: DQQMXL

6. Васькина Т. И., Камитов Ш. С., Зайцева О. А. Адаптивность и урожайность сортов сорго сахарного [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] при возделывании на серых лесных почвах Брянской области. Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: мат-лы XVIII Международ. научн. конф. Кокино: Брянский ГАУ, 2021. Т. Часть 2. С. 86–93. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47127319> EDN: ZLBUXZ
7. Дронов А. В., Бельченко Д. С. Урожайность кормовой массы сорго сахарного (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers) в зависимости от плотности посева на юго-западе Нечерноземья. Сахарная свекла. 2023;(5):28–31. DOI: <https://doi.org/10.25802/SB.2023.56.52.006> EDN: IPKRPG
8. Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С., Кухарук М. Ю. Хозяйственно ценные признаки конкурсного испытания сахарного сорго. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021;(3(89)):56–61. DOI: <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-89-3-56-61> EDN: CGIXFM
9. Сатторов Б. Н., Партоев К., Кубарев Е. Н., Кибальник О. П., Еланский С. Н., Астайкина А. А. Изучение сортов сахарного сорго в условиях Таджикистана. Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: сб. мат-лов III Международн. научн.-практ. конф. Саратов: ООО Амирит, 2023. С. 158–162. Режим доступа: <https://elibrary.ru/qmfrbm> EDN: QMFRBM
10. Бельченко С. А., Верхоламошкин С. В., Дронов А. В., Дьяченко В. В., Сычев С. М., Малякко Г. П. Возделывание сорговых кормовых культур в условиях Центрального Нечерноземья. Брянск: Брянский ГАУ, 2025. 176 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=80387080> EDN: AVEYFS
11. Чебатарев А. П., Сыркина Л. Ф., Жаркова С. В., Володин А. Б., Пшеничникова Е. Н. Оценка агро-биологических свойств сортов и линий сорго сахарного (*Sorghum saccharatum* L. Moench) в условиях лесостепной зоны алтайского края. Овощи России. 2025;(6):208–213. DOI: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-208-213> EDN: QGOWZJ
12. Зенькова Н. Н., Шлома Т. М., Ковалёва И. В., Моисеева М. О., Синцерова А. М. Перспективы возделывания сорговых культур в условиях Витебской области. Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2022;58(3):83–87. DOI: <https://doi.org/10.52368/2078-0109-2022-58-3-83-87> EDN: OLIMPE
13. Седукова Г. В., Крестова Н. В. Сравнительная оценка урожайности зеленой массы сорговых культур в разные фазы развития растений. Земледелие и селекция в Беларуси. 2024;(60):135–141. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=68615922> EDN: KKHLCZ
14. Булгакова В. М., Куликов М. А. Введение в культуру новых кормовых растений сорго в регион Московской области для увеличения разнообразия рационов кормления животных. Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2022;(41(46)):8–12. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48697897> EDN: HJFNCT
15. Сухарева Л. В., Чухина О. В. Некоторые данные о возделывании *Sorghum Saccaratum* Jakuschew с использованием биопрепаратов в условиях Вологодской области. Передовые достижения науки в молочной отрасли: Сб. научн. тр. IV Международн. научн.-практ. конф., посвящ. дню рождения Н. В. Верещагина. Вологда: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА им. Н. В. Верещагина, 2022. С. 188–193.
16. Shkodina E. P., Balun O. V., Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Ecological variety trial of annual forage crops in the Novgorod region. International Journal of Ecosystems and Ecology Science. 2022;12(2):337–344. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees12.204> EDN: OKKECK
17. Шкодина Е. П. Биологические основы выращивания сорго на Северо-Западе Нечерноземной зоны. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(4):531–541. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.531-541> EDN: ZQMMYM
18. Романюкин А. Е., Ковтунова Н. А., Шуршалин В. А., Ермолина Г. М. Изменчивость основных элементов продуктивности сахарного сорго. Зерновое хозяйство России. 2022;14(3):69–75. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-69-76> EDN: BDHJBM
19. Тимохин А. Ю. Урожайность сорго сахарного на различных фонах минерального питания в южной лесостепи Западной Сибири. Молодежь и наука-2024: двигатель настоящего и залог успешного будущего: мат-лы Международ. научн.-практ. конф. Петропавловск: Северо-Казахстанский ун-т им. М. Козыбаева, 2024. С. 376–380.
20. Седукова Г. В., Крестова Н. В. Влияние метеорологических условий на урожайность зеленой массы сорго сахарного в фазу начала выброса метелки. Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: мат-лы XX Международн. научн. конф. Брянск: Брянский ГАУ, 2023. Часть II. С. 112–117. Режим доступа: <https://elibrary.ru/dprpgf> EDN: DPRPGF
21. Балун О. В., Шкодина Е. П. Влияние агрометеорологических факторов на продолжительность вегетации и урожайность зеленой массы сорго-суданкового гибрида Навигатор. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(2):339–346. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.2.339-346> EDN: CBDAWR
22. Балун О. В., Шкодина Е. П., Жукова С. Ю., Яковлева В. А. Зависимость урожайности зеленой массы и продолжительности межфазных периодов сорговых интродуцентов от условий выращивания. Аграрная наука. 2025;(8):70–77. DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-397-08-70-77> EDN: XSHTOB

References

1. Balun O. V., Yakovleva V. A. The influence of the drainage method on the water-air regime of reclaimed soils. Modern trends in scientific and personnel support of the agro-industrial complex: Proceedings of the All-Russian Scientific-practical conference with international participation. Veliky Novgorod: *Novgorodsky GU imeni Yaroslava Mudrogo*, 2020. pp. 272–277. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42923285>
2. Kibalnik O. P., Efremova I. G., Bochkareva Yu. V., Prakhov A. V., Semin D. S. Productivity of sorghum crops depending on agrotechnical methods of cultivation in the regions of the Russian Federation (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(2):155–166. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.155-166>
3. Duborezov I. V., Kosolapov A. V., Duborezov V. M. Yield and vegetative mass nutrition of silage crops. *Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka* = Russian Agricultural Sciences. 2022;(3):14–18. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500262722030036>
4. Ergashev Sh. T., Dronov A. V., Belchenko S. A., Milekhina N. V. Features of development and biological yield of fodder mass new varieties of sugar sorghum [*Sorghum saccharatum* (L.) Moench] in agro-climatic conditions of the bryansk region. Agroecological aspects of the sustainable development of the agroindustrial complex: Proceedings of the XXII International scientific and practical conference, dedicated to the 100th anniversary of the birth of A. A. Vysotsky, Honored Worker of Agriculture of the RSFSR, Head of Kokinsky stronghold of Scientific Research Institute, associate professor at the Department of Horticulture, Bryansk Agricultural Institute and the 85th anniversary of the birth of V. F. Maltsev, Honored Science Worker of the Russian Federation, Doctor in Agricultural Science, professor, Head of the Department of General Agriculture and Crop Science, Bryansk State Agrarian University. Bryansk: *Bryansky GAU*, 2025. pp. 101–106. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82514168>
5. Antimonova O. N., Syrkina L. F., Antimonov A. K. Nutritional value of sugar and grain sorghum feeds in single-species and joint components. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vissheye professionalnoye obrazovaniye* = Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education. 2024;(3(75)):62–70. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-03-07>
6. Vaskina T. I., Kamitov Sh. S., Zaytseva O. A. Adaptability and yield of varieties sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] when cultivated on gray forest soils of the bryansk region. Agroecological aspects of the sustainable development of the agroindustrial complex: Proceedings of the XVIII International scientific conference. Kokino: *Bryansky GAU*, 2021. Vol. Part 2. pp. 86–93. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47127319>
7. Dronov A. V., Belchenko D. S. The yield of feed mass of sugar sorghum (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers) depending on the sowing density in the south-west of the Non-Black-Earth region. *Sakharnaya svekla*. 2023;(5):28–31. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25802/SB.2023.56.52.006>
8. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S., Kukharuk M. Yu. Khozyaystvenno tsenniye priznaki konkursnogo ispitaniya sakharnogo sor-go. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2021;(3(89)):56–61. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-89-3-56-61>
9. Sattorov B. N., Partoyev K., Kubarev E. N., Kibalnik O. P., Elanskiy S. N., Astaykina A. A. Studying of grades of the sugar sorghum in the conditions of Tajikistan. Scientific support for the sustainable development of the agro-industrial complex in the context of climate aridization: collection of materials of the III International scientific and practical conference. Saratov: *OOO Amirit*, 2023. pp. 158–162. URL: <https://elibrary.ru/qmfrbm>
10. Belchenko S. A., Verkholamochkin S. V., Dronov A. V., Dyachenko V. V., Sichev S. M., Malyavko G. P. Cultivation of sorghum forage crops in the conditions of the Central Non-Chernozem region. Bryansk: *Bryansky GAU*, 2025. 176 p. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=80387080>
11. Chebatarev A. P., Syrkina L. F., Zharkova S. V., Volodin A. B., Pshenichnikova E. N. Assessment of agro-biological properties of varieties and lines of sugar sorghum (*Sorghum saccharatum* L. Moench) in the conditions of the forest-steppe zone of the Altai krai. *Ovoshchi Rossii* = Vegetable crops of Russia. 2025;(6):208–213. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-6-208-213>
12. Ziankova N. N., Shloma T. M., Kovaliova I. V., Moiseeva M. O., Sintsarova A. M. Prospects for cultivation of sorge crops in the conditions of the Vitebsk region. *Ucheniye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znak pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsini*. 2022;58(3):83–87. (In Belarus). DOI: <https://doi.org/10.52368/2078-0109-2022-58-3-83-87>
13. Sedukova G. V., Kristova N. V. Comparative evaluation of sorghum crop herbage yield in different phases of plant development. *Zemledeliye i selektsiya v Belarusi* = Arable Farming and Plant Breeding in Belarus. 2024;(60):135–141. (In Belarus) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=68615922>
14. Bulgakova V. M., Kulikov M. A. Introduction of new sorghum forage plants into the culture of the Moscow region to increase the diversity of animal feeding diets. *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaοchnogo universiteta* = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2022;(41(46)):8–12. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48697897>

15. Sukhareva L. V., Chukhina O. V. Some data on the cultivation of Sorghum Saccharatum Jakushev using biological products in the Vologda region. Advanced scientific achievements in the dairy industry: Collection of scientific articles of the IV International scientific and practical conference, dedicated to the birthday of N. V. Vereshchagin. Vologda: *FGBOU VO Vologodskaya GMKHA im. N. V. Vereshchagina*, 2022. pp. 188–193.

16. Shkodina E. P., Balun O. V., Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Ecological variety trial of annual forage crops in the Novgorod region. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. 2022;12(2):337–344. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees12.204>

17. Shkodina E. P. Biological basis of sorghum cultivation in the North-West of the Non-Chernozem zone. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2021;22(4):531–541. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.531-541>

18. Romanyukin A. E., Kovtunova N. A., Shurshalin V. A., Ermolina G. M. Variability of the main elements of sweet sorghum productivity. *Zernovoye khozyaystvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2022;14(3):69–75. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-69-76>

19. Timokhin A. Yu. The yield of sweet sorghum on various mineral nutrition backgrounds in the southern forest-steppe of Western Siberia. Youth and Science-2024: the engine of the present and the key to a successful future: Proceedings of the International scientific and practical conference. Petropavlovsk: *Severo-Kazakhstansky un-t im. M. Kozibayeva*, 2024. pp. 376–380.

20. Sedukova G. V., Kristova N. V. Influence of meteorological conditions on the yield of green mass of sugar sorghum in the phase of the beginning of panicle emission. Agroecological aspects of sustainable development of agroindustrial complex: Proceedings of the XX International Scientific Conference. Bryansk: *Bryansky GAU*, 2023. Part II. pp. 112–117. URL: <https://elibrary.ru/dprpgf>

21. Balun O.V., Shkodina E.P. The influence of agrometeorological factors on the duration of vegetation and yield of green mass of sorghum-sudangrass hybrid ‘Navigator’. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2025;26(2):339–346. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.2.339-346>

22. Balun O. V., Shkodina E. P., Zhukova S. Yu., Yakovleva V. A. The dependence of the yield of the green mass and the duration of the interphase periods of the introduced plants on the growing conditions. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*. 2025;(8):70-77. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-397-08-70-77>

Вклад авторов: все авторы внесли равнозначный вклад в выполнение исследований и подготовку рукописи статьи.

Сведения об авторах

✉ **Шкодина Елена Петровна**, старший научный сотрудник, ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 199178, e-mail: info@spcras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4057-9910>, e-mail: kriempereoal@mail.ru

Балун Ольга Васильевна, кандидат техн. наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 199178, e-mail: info@spcras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8476-0792>

Author contributions: all authors contributed equally to the research and preparation of the manuscript.

Information about the author

✉ **Elena P. Shkodina**, senior researcher, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 39, 14th line V.O., Saint-Petersburg, Russian Federation, 199178, e-mail: info@spcras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4057-9910>, e-mail: kriempereoal@mail.ru

Olga V. Balun, PhD in Engineering, associate professor, senior researcher, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 39, 14th line V.O., Saint-Petersburg, Russian Federation, 199178, e-mail: info@spcras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8476-0792>

✉ – Для контактов / Corresponding author