

Фотосинтетическая активность в формировании урожая семян суданской травы при использовании микроудобрений

А. В. Солонкин, Е. П. Сухарева, А. В. Беликина 

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

 E-mail: belikina-a@vfanc.ru

Аннотация. Суданская трава – ценная однолетняя кормовая культура, которая способна в засушливых условиях формировать урожай зеленой массы для кормопроизводства. **Цель** исследований – определить эффективность вариантов использования микроудобрений в посевах с разными нормами высева суданской травы для получения высококачественных, экономически эффективных семян. **Методы.** Исследования проводились в зоне каштановых почв в Камышинском районе Волгоградской области. Изучали три варианта выращивания суданской травы для семенных целей на участках с нормой высева 12 кг/га и 20 кг/га. Высевали по четыре сорта суданской травы на участках с разными нормами высева и внекорневыми обработками для повышения урожайности и качества семян: 1 – без внекорневой обработки; 2 – «Биостим Старт» в фазе «всходы» 1 л/га + «Гумат калия Суфлер» 0,3 л/га; 3 – «Биостим Старт» в фазе «всходы» 1 л/га + «Биостим Универсал» в фазе «выметывание метелки» 2 л/га + «Гумат калия Суфлер» 0,3 л/га. **Научная новизна.** Впервые проведено исследование по определению оптимальных, экономически эффективных вариантов применения микроудобрений в посевах суданской травы на участках с разными нормами высева и сортами. **Результаты.** Определено, что оптимальная норма высева для получения качественных семян суданской травы – 12 кг/га. Наиболее эффективным вариантом в опыте является третий вариант использования микроудобрений «Биостим Старт» в фазу «всходы» 1 л/га + «Биостим Универсал» в фазу «выметывание метелки» 2 л/га + «Гумат калия Суфлер» 0,3 л/га, при использовании которого возможно получить семена суданской травы с экономической эффективностью 229,2 %. Наиболее урожайным и рентабельным сортом суданской травы в посевах был сорт Полина: 1,91 т/га и 229,2 % соответственно.

Ключевые слова: суданская трава, урожайность, семена, микроудобрения, норма высева

Благодарности. Работа выполнена в рамках Государственного задания FNFE-2025-0009 «Создание новых генотипов, сортов, форм древесных, кустарниковых, культурных растений с высокоценными признаками продуктивности, качества, устойчивостью к био- и абиострессорам с использованием классических и современных методов селекции, новые инновационные технологии в питомниководстве и семеноводстве, для решения задач по предотвращению деградации и опустынивания агроландшафтов в условиях изменяющегося климата».

Для цитирования: Солонкин А. В., Сухарева Е. П., Беликина А. В. Фотосинтетическая активность в формировании урожая семян суданской травы при использовании микроудобрений // Аграрный вестник Урала. 2026. Т. 26, № 06. С. 1009–1020. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-1009-1020>.

Дата поступления статьи: 25.03.2026, **дата рецензирования:** 04.04.2026, **дата принятия:** 20.04.2026.

Photosynthetic activity in sudangrass seed yield formation with the use of microfertilizers

A. V. Solonkin, E. P. Sukhareva, A. V. Belikina✉

Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

✉E-mail: belikina-a@vfanc.ru

Abstract. Sudangrass is a valuable annual forage crop capable of producing green mass for forage production in arid conditions. **The purpose** of this study was to determine the effectiveness of microfertilizer application options in sudangrass crops with different seeding rates to produce high-quality, cost-effective seeds. **Methods.** The study was conducted in the chestnut soil zone of the Kamyshin district of the Volgograd region. Three variants of sudangrass cultivation for seed purposes were studied in plots with seeding rates of 12 kg/ha and 20 kg/ha. Four varieties of sudangrass were sown in plots with different seeding rates and foliar treatments to increase the yield and seed quality: 1 – without foliar treatment; 2 – “Biostim Start” in the sprouting phase 1 l/ha + “Gumat kaliya Sufler” 0.3 l/ha; 3 – “Biostim Start” in the sprouting phase 1 l/ha + “Biostim Universal” in the panicle emergence phase 2 l/ha + “Gumat kaliya Sufler” 0.3 l/ha. **Scientific novelty.** For the first time, a study was conducted to determine the optimal, cost-effective options for applying microfertilizers to sudangrass crops in plots with different seeding rates and varieties. **Results.** It was determined that the optimal seeding rate for obtaining high-quality sudangrass seeds is 12 kg/ha. The most effective option in the experiment was option 3, which involved using “Biostim Start” in the sprouting phase 1 l/ha + “Gumat kaliya Sufler” 0.3 l/ha; 3 – Biostim Start in the sprouting phase 1 l/ha + Biostim Universal in the panicle emergence phase 2 l/ha + “Gumat kaliya Sufler” 0.3 l/ha. during the panicle formation phase. This combination yielded sudangrass seeds with an economic efficiency of 229.2 %. The highest-yielding and most profitable variety in the crops was Polina, with yields of 1.91 t/ha and 229.2 %, respectively.

Keywords: sudangrass, yield, seeds, microfertilizers, seeding rate

Acknowledgments. This study was completed as part of State Contract FNFE-2025-0009 “Creation of New Genotypes, Varieties, and Forms of Trees, Shrubs, and Cultivated Plants with High-Value Traits of Productivity, Quality, and Resistance to Bio- and Abiotic Stressors Using Classical and Modern Breeding Methods, New Innovative Technologies in Nursery and Seed Production, to Address the Problems of Preventing Degradation and Desertification of Agricultural Landscapes in a Changing Climate”.

For citation: Solonkin A. V., Sukhareva E. P., Belikina A. V. Photosynthetic activity in sudangrass seed yield formation with the use of microfertilizers. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2026; 26 (06): 1009–1020. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-06-1009-1020>. (In Russ.)

Date of paper submission: 25.03.2026, **date of review:** 04.04.2026, **date of acceptance:** 20.04.2026.

Постановка проблемы (Introduction)

Суданская трава (*Sorghum × drummondii*) – ценная однолетняя кормовая культура из семейства злаки, или мятликовые (*Poaceae*), широко востребованная в сельскохозяйственном производстве благодаря высокой продуктивности, засухоустойчивости, солевыносливости и способности быстро восстанавливать вегетативную массу после скашивания, для кормопроизводства в регионах с жарким, сухим климатом [1–5]. Питательная ценность суданской травы среди злаковых однолетних культур позволяет ей занимать одно из первых мест. Суданскую траву используют в летний период для организации зеленого конвейера в кормлении крупного рогатого скота и животных подсемейства коз-

линные, также ее посевы используют для их выпаса. В 1 кг зеленой массы содержится в среднем 0,22 кормовой единицы, сахаров 16–40 %, 9–12 % сырого протеина. В сене суданской травы содержится 0,52–0,68 кормовой единицы, 9–12 % сырого протеина, 16–17 % сахаров. Сенаж суданской травы – высокопитательный корм для животных, содержащий 0,6–0,68 кормовой единицы на 1 кг сухого вещества, 12–15 % сырого протеина, сахара около 16 %, клетчатки – от 25 % до 30 %. Для заготовки сена и сенажа суданскую траву скашивают в фазу «выход в трубку – начало выметывания». В этот период развития растений суданской травы достигается оптимальное содержание протеина и урожайностью массы, а стебли травы еще не стали жесткими.

Вопросы о выращивании суданской травы в Нижнем Поволжье для сена и зеленой массы с использованием минеральных и микроудобрений рассмотрены в публикациях авторов региона [6; 7]. Проведены исследования с использованием микроудобрений с разными нормами высева в посевах суданской травы на орошаемых землях, и установлено, что для повышения стрессоустойчивости, всхожести, стимулирования корневой системы растений с нормой высева 3,0 млн всхожих семян на 1 га с комплексным применением органоминеральных удобрений по схемам в период вегетации можно получить до 80,3 т/га. Ю. Н. Плещачев предлагает вносить минеральные удобрения под основную и предпосевную обработку почвы, микроудобрения использовать в виде предпосевной обработки семян [5; 6]. Результат использования удобрений – рост продуктивности зеленой массы суданской травы на 2 т/га в сравнении с контролем.

По сведениям ученых южного Урала, в степной зоне южных черноземов с признаками деградации почв выращивание суданской травы с внесением минеральных удобрений на варианте $N_{60}P_{40}$ дает возможность получать наибольший урожай сена – до 7 т/га. Также на этом варианте использование удобрений оказывает благоприятное влияние на полноту всходов (до 87,1 %) и размер корешков (до 35,1 см). Результат был достигнут путем внесения минеральных удобрений в рядки, микроудобрения использовались перед посевом семян или внекорневой обработкой посевов.

Развитая корневая система растений суданской травы дает возможность улучшить структуру почвы и повысить урожайность зеленой массы [1].

При изучении научной литературы определено, что основная масса публикаций посвящена работе по выращиванию суданской травы с внекорневыми обработками удобрениями для получения зеленой массы и сена на орошаемых угодьях в регионе. Отсутствуют научные публикации в открытой печати о производстве семян суданской травы в богарных условиях. Наши результаты исследований, предложенные вниманию ученых и практиков в статье, сделают вклад в эту область исследований о культуре.

Развитию животноводческой отрасли и коромо-производства в Волгоградской области будет способствовать введение в севообороты однолетних трав, в том числе неприхотливой в выращивании суданской травы и развитию её семеноводства. За летний период возможно проведение 2–3 укосов суданской травы на зеленый корм, к этому моменту высота растений достигает максимальной отметки. Укос рекомендуется проводить ближе к фазе появления метелки и ее выхода в трубку, когда максимальное содержание питательных веществ около 92,8 % при выметывании 85,7 %. Однако в этот период

растения суданской травы наиболее чувствительны к содержанию влаги и при высоких температурах могут образовывать щуплые семена [4; 8]. На продуктивность растений основное влияние оказывают факторы влагообеспечения, освещения и питания, которые в посевах распределяются между растениями в зависимости от густоты их стояния [8–10]. Продуктивность растений увеличивается в основном из-за фотосинтетических процессов в растениях, за счет чего обеспечивается их рост. Фотосинтез является основной деятельностью растений и главным источником их питания, в результате чего создается до 95 % биомассы растений. Известно, что урожайность зависит от продуктивности фотосинтеза, и включает суммарную площадь листьев и интенсивности процесса [10–12]. Площадь листьев культуры может изменяться в зависимости от метеорологических условий среды произрастания и агротехнических мероприятий (ширина междурядий, норма высева семян и пр.) [12–14].

Для исследования внекорневых обработок с вариантами использования микроудобрений в посевах суданской травы были посеяны семена культуры с двумя нормами высева (12 кг/га и 20 кг/га) с шириной сева 45 см в двухфакторном опыте по общепринятой практике для получения семян в области.

Цель работы – определить эффективные варианты использования микроудобрений в посевах с разными нормами высева суданской травы для получения высококачественных, экономически эффективных семян.

Методология и методы исследования (Methods)

Актуальность исследования, представленного в статье, заключается в изучении вариантов использования микроудобрений в посевах с разными нормами высева суданской травы для производства семян с высокой рентабельностью. Для научной работы был организован двухфакторный опыт в Камышинском районе Волгоградской области, географические координаты 50°01'39" с. ш. 45°07'39" в. д., выше уровня моря 160 м, в 2023–2025 годах. Месторасположение опытного участка было в зоне каштановых почв с солонцеватыми и солончаковыми пятнами. Климатические условия местности континентальные с летним периодом около 145 дней, суммой активных температур 2850–3050 °С. Климатическая норма осадков в Волгоградской области составляет около 368 мм [15]. Во всех вариантах опыта проводилось фенологическое наблюдение за развитием суданской травы. Для исследований использовались данные метеорологического поста ФНЦ агроэкологии РАН.

Исследования провели по схеме (рис. 1) в соответствии с рекомендациями по опытному делу Б. А. Доспехова [16]. Все повторения в опыте размещены в одном поле и расположены систематиче-

ски и последовательно. Площадь опытного участка – 600 м², повторность трехкратная. Под вспашку зяби вносили суперфосфат в дозе 60 кг д. в. на 1 га. Перед посевом семян проводили две культивации с прикатыванием почвы. Семена суданской травы высевали при устойчивой теплой погоде и прогревании почвы на глубине 10 см до 10–12 °С сеялкой «Омичка». Междурядную обработку посевов от сорняков проводили культиватором КРН-4,2 в фазу 4–5 листьев и во время кущения – выхода в трубку.

Уборочные работы осуществлялись путем сплошного скашивания растений суданской травы в валок и обмолотом с каждой деланки.

Селекционная работа по выведению новых сортов суданской травы ведется в ФНЦ агроэкологии с середины прошлого столетия, и в настоящее время получены шесть сортов, четыре из которых в Государственном реестре селекционных достижений. В исследовательской работе высевались семена сортов суданской травы, оригинатором которых является ФНЦ агроэкологии РАН: Волга, Юлия, нового сорта Полина, Камышинская 51 (ст.), категории суперэлита [17].

Широкорядный способ сева, ширина междурядий 45 см, норма высева 12 кг/га	В1. Контроль, без обработок	В2. Биостим Старт + Гумат калия Суфлер 0,3 л/га в фазу «всходы»	В3. Биостим Универсал 2 л/га + Гумат калия Суфлер 0,3 л/га в фазу «всходы», 1 л/га в фазу «выметывание метелки»
Сорт суданской травы Волга			
Сорт суданской травы Волга			
Сорт суданской травы Волга			
Сорт суданской травы Юлия			
Сорт суданской травы Юлия			
Сорт суданской травы Юлия			
Сорт суданской травы Полина			
Сорт суданской травы Полина			
Сорт суданской травы Полина			
Стандартный сорт суданской травы Камышинская 51			
Стандартный сорт суданской травы Камышинская 51			
Стандартный сорт суданской травы Камышинская 51			
Широкорядный способ сева, ширина междурядий 45 см, норма высева 20 кг/га	В1. Контроль, без обработок	В2. Биостим Старт + Гумат калия Суфлер 0,3 л/га в фазу «всходы»	В3. Биостим Универсал 2 л/га + Гумат калия Суфлер 0,3 л/га в фазу «всходы», 1 л/га в фазу «выметывание метелки»
Сорт суданской травы Волга			
Сорт суданской травы Волга			
Сорт суданской травы Волга			
Сорт суданской травы Юлия			
Сорт суданской травы Юлия			
Сорт суданской травы Юлия			
Сорт суданской травы Полина			
Сорт суданской травы Полина			
Сорт суданской травы Полина			
Стандартный сорт суданской травы Камышинская 51			
Стандартный сорт суданской травы Камышинская 51			
Стандартный сорт суданской травы Камышинская 51			

Контроль, без обработок

Контроль, без обработок

Рис. 1. Схема опыта по испытанию микроудобрений в посевах суданской травы с двумя нормами высева в засушливой зоне Нижневолжского региона

Wide-row sowing, row spacing 45 cm, seeding rate 12 kg/ha	V1. Control, no treatments	V2. Biostim Start + Gumat kaliya Sufler 0,3 l/ga during the sprouting phase	V3. Biostim Universal 2 l/ha + Gumat kaliya Sufler 0.3 l/ha in the sprouting phase, 1 l/ha in the panicle emergence phase	
Sudanese grass variety Volga				Control without treatments
Sudanese grass variety Volga				
Sudanese grass variety Volga				
Sudanese grass variety Yuliya				
Sudanese grass variety Yuliya				
Sudanese grass variety Yuliya				
Sudanese grass variety Polina				
Sudanese grass variety Polina				
Sudanese grass variety Polina				
Standard variety of Sudanese grass Kamyshinskaya 51				Control without treatments
Standard variety of Sudanese grass Kamyshinskaya 51				
Standard variety of Sudanese grass Kamyshinskaya 51				
Wide-row sowing, row spacing 45 cm, seeding rate 20 kg/ha	V1. Control, no treatments	V2. Biostim Start + Gumat kaliya Sufler 0,3 l/ga during the in the sprouting phase	V3. Biostim Universal 2 l/ha + Gumat kaliya Sufler 0.3 l/ha in the sprouting phase, 1 l/ha in the panicle emergence phase	
Sudanese grass variety Volga				Control without treatments
Sudanese grass variety Volga				
Sudanese grass variety Volga				
Sudanese grass variety Yuliya				
Sudanese grass variety Yuliya				
Sudanese grass variety Yuliya				
Sudanese grass variety Polina				
Sudanese grass variety Polina				
Sudanese grass variety Polina				
Standard variety of Sudanese grass Kamyshinskaya 51				Control without treatments
Standard variety of Sudanese grass Kamyshinskaya 51				
Standard variety of Sudanese grass Kamyshinskaya 51				

Fig. 1. Scheme of the experiment for testing microfertilizers in Sudan grass crops with two seeding rates in the arid zone of the Lower Volga region

Внекорневая обработка растений суданской травы запланирована препаратами микроудобрений в фазы «всходы» для укрепления корневой системы растений, повышения иммунитета к болезням к абиотическим явлениям, связанным с засушливыми условиями в регионе, улучшения качества и увеличения количества семян. В фазу «начало выкидывания метелки» суданской травы внекорневая обработка микроудобрениями растений будет направлена на накопление сахаров, белков и подготовку к цветению, что важно для формирования семян и повышения устойчивости растений к засухе, так как в это время дефицит влаги критичен и может получиться щуплое зерно.

Обработка статистических данных урожайности проводилась методом дисперсионного анализа.

Результаты (Results)

В годы исследований на 1 м² густота стояния растений суданской травы у всех сортов с нормой высева 12 кг/га составила 79–84 шт/м² с нормой высева 20 кг/га – 144–150 шт/м². В фазе «всходы» у растений присутствует конкуренция за место произрастания и ресурсы питания, влагообеспечения, освещения. Все эти факторы способствует изучению биологических процессов для создания биомассы растений и урожая семян, а именно интенсивности фотосинтеза в вегетацию. Исследования биологических процессов в растениях с применением микроудобрений способствуют определению наиболее эффективных вариантов их использования для увеличения урожая и улучшения хозяйственно полезных признаков семян.

Таблица 1
Фотосинтетические показатели суданской травы в зависимости от использования вариантов микроудобрений 2023–2025 гг.

Норма высева	Варианты опыта с микроудобрениями	Площадь листьев тыс. м ² /га				Фотосинтетический потенциал растений (тыс. м ² × сут)/га			
		Волга	Юлия	Полина	Камышинская 51	Волга	Юлия	Полина	Камышинская 51
12	В1. Контроль, без обработок	36	38,5	44,5	38,9	4032	4312	4984	4357
	В2. Биостим Старт в фазу «всходы» 1 л/га + Гумат Калия Суфлер 0,3 л/га	58,6	62,6	63,2	60,8	6563	7011	5582	6809
	В 3. Биостим Старт в фазу «всходы» 1 л/га + Биостим Универсал в фазу «выметывание метелки» 2 л/га + Гумат калия суфлер 0,3 л/га	71,2	73,5	74,5	72,0	7974	8232	8344	8064
20	В1. Контроль, без обработок	25,4	24,6	30,8	25,9	2845	2755	3449	2901
	В2. Биостим Старт в фазу «всходы» 1 л/га + Гумат Калия Суфлер 0,3 л/га	28,2	24,0	31,2	28,8	3158	2688	3494	3225
	В 3. Биостим Старт в фазу «всходы» 1 л/га + Биостим Универсал в фазу «выметывание метелки» 2 л/га + Гумат калия суфлер 0,3 л/га	29,8	26,4	34,2	27,2	3337	2957	3830	3046

Table 1
Photosynthetic performance of sudangrass depending on the use of micronutrient fertilizer options in 2023–2025

Seeding rate	Variants of experiment with microfertilizers	Leaf area, thousand m ² /ha				Photosynthetic potential of plants (thousand m ² × day) / ha			
		Volga	Yuliya	Polina	Kamyshinskaya 51	Volga	Yuliya	Polina	Kamyshinskaya 51
12	B1. Control, no treatments	36	38.5	44.5	38.9	4032	4312	4984	4357
	B2. Biostim Start in the sprouting phase 1 l/ha + Gumat kaliya Sufler 0.3 l/ha	71.2	73.5	74.5	72.0	7974	8232	8344	8064
	B 3. Biostim Start in the sprouting phase 1 l/ha + Biostim Universal in the panicle emergence phase 2 l/ha + Gumat kaliya Sufler 0.3 l/ha	25.4	24.6	30.8	25.9	2845	2755	3449	2901
20	B1. Control, no treatments	28.2	24.0	31.2	28.8	3158	2688	3494	3225
	B2. Biostim Start in the sprouting phase 1 l/ha + Gumat kaliya Sufler 0.3 l/ha	29.8	26.4	34.2	27.2	3337	2957	3830	3046
	B 3. Biostim Start in the sprouting phase 1 l/ha + Biostim Universal in the panicle emergence phase 2 l/ha + Gumat kaliya Sufler 0.3 l/ha								

На начальном этапе роста, с фазы «всходы», у растений развивается корневая система, на площади питания для добычи из почвы питательных веществ и влаги. Фотосинтетическая активность начиная с этой фазы развивается с разной интенсивностью, так как была проведена внекорневая обработка посевов в первой декаде июня. В фазу выметывания метелок в посевах суданской травы была проведена второй раз внекорневая обработка посевов микроудобрениями во второй половине июля. В этот период в растениях суданской травы происходит активное наращивание биомассы, и основной рост направлен на формирование репродуктивных органов, накопление сахаров, белков, подготовку к цветению растений, что важно для формирования семян. Также важно защитить и повысить устойчивость растений к засухе, так как дефицит влаги критичен и может получиться невыполненное зерно.

Рост биомассы растений суданской травы, высеянной для получения семян, происходит на протяжении всей вегетации. Показатели фотосинтетического потенциала суданской травы в опыте в

зависимости от варианта использования микроудобрений отражены в таблице 1.

Семенообразование напрямую зависит от листьев, основных фотосинтезирующих органов, которые обеспечивают питательными веществами, влагой и освещением растения. В листьях происходят процессы синтеза хлорофилла, поглощения света и воды, напрямую влияя на скорость налива, качество семян и, следовательно, уровень урожайности культуры. Рассчитав индекс листовой поверхности суданской травы в посевах, можно отметить, что наибольший показатель был у растений сорта Полина на третьем варианте с нормой высева 12 кг/га всхожих семян – 4,9, который входит в оптимальные значения индекса для зерновых культур [14; 15]. Индекс листовой поверхности (ИПЛ) в посевах на варианте 3 с нормой высева 20 кг/га с микроудобрениями равен 1,99, что ниже по оптимальным значениям индекса. По итогам анализа литературных источников можно определить, что растениям с индексом листовой поверхности 1,99 недостаточно света, из-за этого они слабо развиты.

Таблица 2
Урожай семян суданской травы в зависимости от использования микроудобрений, 1 га

Сорт	Норма высева	Варианты внекорневых обработок		
		V1. Контроль, без обработок	V2. Биостим Старт в фазу «всходы» 1 л/га + Гумат калия Суфлер 0,3 л/га	V3. Биостим Старт в фазу «всходы» 1 л/га + Биостим Универсал в фазу выметывания метелки 2 л/га + Гумат калия суфлер 0,3 л/га
Волга	12	0,76	1,2	1,7
	20	0,74	1,13	1,55
Юлия	12	0,74	1,31	1,75
	20	0,76	1,17	1,68
Полина	12	0,8	1,25	1,91
	20	0,74	1,24	1,86
Камышинская 51	12	0,78	1,2	1,7
	20	0,7	0,94	1,67

Table 2
Sudangrass seed yield depending on the use of micronutrients, 1 ha

Variety	Seeding rate	Options for foliar treatments		
		V1. Control, no treatments	V2. Biostim Start in the sprouting phase 1 l/ha + Gumat kaliya Sufler 0.3 l/ha	V3. Biostim Start in the sprouting phase 1 l/ha + Biostim Universal in the panicle emergence phase 2 l/ha + Gumat kaliya Sufler 0.3 l/ha
Volga	12	0.76	1.2	1.7
	20	0.74	1.13	1.55
Yuliya	12	0.74	1.31	1.75
	20	0.76	1.17	1.68
Polina	12	0.8	1.25	1.91
	20	0.74	1.24	1.86
Kamyshinskaya 51	12	0.78	1.2	1.7
	20	0.7	0.94	1.67

Дополнительное минеральное питание растений, поступившее с внекорневой обработкой посевов в фазы «всходы» и «выметывание метелки» оказывает положительное влияние на фотосинтетическую активность суданской травы и процессы развития семян. В посевах суданской травы микроудобрения способствовали росту этого параметра, и можно заключить, что их использование положительно влияет на пищевой режим. Максимальный показатель индекса листовой поверхности листьев в варианте посевов, обработанных смесью препаратов на третьем варианте «Биостим Старт» в фазу «всходы» 1 л/га + «Биостим Универсал» в фазу «выметывание метелки» 2 л/га + «Гумат калия Суфлер» 0,3 л/га, составил 5,0 у сорта Полина, самый низкий – 2,4 у сорта Волга на варианте без обработок.

Фотосинтетический потенциал растений суданской травы на участках с нормой высева 12 кг/га был выше у сорта Полина на варианте с микроудобрениями «Биостим Старт» в фазу «всходы» 1 л/га + «Биостим Универсал» в фазу «выметывания метелки» 2 л/га + «Гумат калия Суфлер» 0,3 л/га и составил 8344 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сут}$ / га, что выше, чем на варианте без обработки микроудобрениями, на 67,4 %. На участке с нормой высева 20 кг/га фотосинтетический потенциал растений суданской травы составлял 3830 тыс. $\text{м}^2 \times \text{сут}$ / га, что на 11 % больше, чем фотосинтетический потенциал растений без внекорневой обработки на контрольном варианте.

Таким образом, внекорневая обработка посевов микроудобрениями повышает фотосинтетический потенциал растений. Наиболее эффективные варианты на участках 3 с вариантами обработок микроудобрениями «Биостим Старт» в фазу «всходы» 1 л/га + «Биостим Универсал» в фазу «выметывание метелки» 2 л/га + «Гумат калия Суфлер» 0,3 л/га.

На двух участках вариантов 3 с нормой высева 12 кг/га растения суданской травы развивались на 67,4 % эффективнее, а с нормой высева 20 кг/га – всего на 11 %. Максимальная высота растений суданской травы достигала 205 см, облиственность – 62 %, длина метелки – 55 см на участках с нормой высева 12 кг/га.

Ключевой параметр, характеризующий использование микроудобрений и фотосинтетическую активность в сложившихся условиях, – урожайность культуры (таблица 2).

Анализируя данные о сборе семян с гектара, отмечаем, что наибольшая урожайность была на варианте использования микроудобрений «Биостим Старт» в фазу «всходы» 1 л/га + «Биостим Универсал» в фазу «выметывание метелки» 2 л/га + «Гумат калия Суфлер» 0,3 л/га с нормой высева семян 12 кг/га у сорта Полина и достигала 1,91 т/га. На участке с нормой высева 20 кг/га сбор семян с 1 га составил 1,86 т/га.

Экономическую оценку применения микроудобрений в посевах суданской травы можно увидеть в таблице 3.

Рассматривая результаты экономического анализа, приведенного в таблице 3, можно отметить, что наиболее эффективное производство семян у сорта Полина – с уровнем рентабельности 229,2 % на варианте 3 «Биостим Старт» в фазу «всходы» 1 л/га + «Биостим Универсал» в фазу «выметывание метелки» 2 л/га + «Гумат калия Суфлер» 0,3 л/га на участке с нормой высева 12 кг/га. Этот результат выше, чем у стандартного сорта Камышинская 51 на участке с такой же нормой высева, на 25,2 %. На участке с использованием микроудобрений на втором варианте «Биостим Старт» в фазу «всходы» 1 л/га + «Гумат калия Суфлер» 0,3 л/га с нормой высева 12 кг/га экономически эффективным для производства семян (157,2 %) был сорт Юлия. На участке с нормой высева 12 кг/га без использования микроудобрений наиболее эффективным (96 %) для производства семян был сорт Полина.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Гидротремический коэффициент во время вегетации суданской травы составил в 2023 году 0,32, в 2024 году – 0,79, в 2025 году – 1,3. Природно-климатические условия изменялись от остро засушливых до оптимальных по увлажнению. Полученные результаты опыта по испытанию микроудобрений в посевах суданской травы для получения семян были обработаны методом дисперсионного анализа, а результаты представлены в таблице 4.

В процессе дисперсионного анализа рассматривалась гипотеза о том, что выбор сорта (фактор А) влияет на рост урожайности семян суданской травы. В результате анализа данных определено, что у фактора А (сорт) $F_{\text{крит}} = 2,487578 > F = 0,926306$. Наблюдаемое значение фактора А не находится в области значимости при уровне $p > 0,05$. Гипотеза о том, что выбор сорта оказывает влияние на уровень урожайности семян суданской травы, отклоняется с вероятностью 95 %.

Гипотеза о том, что использование микроудобрений (фактор В) не влияет на рост урожайности семян. Фактор В имеет значение $F_{\text{крит}} = 3,072467001$, его значение меньше наблюдаемого $F = 93,94985$ и находится в области значимости наблюдаемого фактора. Использование микроудобрений значимо для результата опыта при уровне $p > 0,05$. С вероятностью 95 % гипотеза о незначимости использования микроудобрений в посевах суданской травы отклоняется.

Установлено, что результаты опыта значимы, степень влияния микроудобрений урожайность суданской травы – 91,11 %. Фактор «сорт» имеет незначительное влияние 2,09 %, остальные производственные факторы в опыте составляют около 6,78 %.

Таблица 3

Экономическая эффективность производства семян суданской травы с использованием микроудобрений в 2023–2025 гг.

Сорт	Норма высева	Варианты вегетационных обработок		
		В1. Контроль, без обработок	В2. Биостим Старт в фазу «всходы» 1 л/га + Гумат калия Суфлер 0,3 л/га	В3. Биостим Старт в фазу «всходы» 1 л/га + Биостим Универсал в фазу «выметывание метелки» 2 л/га + Гумат калия Суфлер 0,3 л/га
Волга	12	91,2	144,0	204,0
	20	88,8	135,6	186,0
Юлия	12	88,8	157,2	210,0
	20	91,2	140,4	201,6
Полина	12	96,0	150,0	229,2
	20	88,8	148,8	223,2
Камышинская 51	12	93,6	144,0	204,0
	20	84,0	112,8	200,4

Agrotechnologies

Table 3

Economic efficiency of sudangrass seed production using micronutrient fertilizers in 2023–2025

Variety	Seeding rate	Variants of vegetation treatments		
		V1. Control, no treatments	V2. Biostim Start in the sprouting phase 1 l/ha + Gumat kaliya Sufler 0.3 l/ha	V3 Biostim Start in the sprouting phase 1 l/ha + Biostim Universal in the panicle emergence phase 2 l/ha + Gumat kaliya Sufler 0.3 l/ha
Volga	12	91.2	144.0	204.0
	20	88.8	135.6	186.0
Yuliya	12	88.8	157.2	210.0
	20	91.2	140.4	201.6
Polina	12	96.0	150.0	229.2
	20	88.8	148.8	223.2
Kamyshinskaya 51	12	93.6	144.0	204.0
	20	84.0	112.8	200.4

Таблица 4

Результаты дисперсионного анализа урожая в испытании применения микроудобрений в посевах сортов суданской травы в 2023–2025 гг.

Вариант	Доля влияния фактора, %	Степень свободы (df)	Средний квадрат (ms)	Критерий Фишера (F)	P-значение	F критическое
Фактор А (сорт)	2,09	7	4,320179	0,926306	0,506674174	2,487577704
Фактор В (микроудобрения)	91,11	3	438,1707	93,94985	2,47914E-12	3,072467001
Случайные отклонения	6,78	21	4,663879			
Итого	100 %					

Table 4

Results of the analysis of variance for yield in the trial of micronutrient application in sudangrass crops in 2023–2025

Variety	Share of influence of the factor, %	Degree of freedom (df)	Root Mean Square (ms)	Fisher's criterion (F)	P-value	F critical
Factor A (grade)	2.09	7	4.320179	0.926306	0.506674174	2.487577704
Factor B (micro-fertilizers)	91.11	3	438.1707	93.94985	2.47914E-12	3.072467001
Random deviations	6.78	21	4.663879			
Total	100 %					

Таким образом, определено, что использование микроудобрений в посевах суданской травы в природно-климатических условиях Нижнего Поволжья позволило получать стабильный урожай семян. Наиболее эффективным вариантом в опыте является комбинация микроудобрений «Биостим Старт» в фазу «всходы» 1 л/га + «Биостим Универсал» в

фазу «выметывание метелки» 2 л/га + «Гумат калия Суфлер» 0,3 л/га, при использовании которого возможно получить семена суданской травы 1,91 т/га с экономической эффективностью 229,2 %. Установлено, что оптимальная норма высева суданской травы для получения качественных семян – 12 кг/га.

Библиографический список

1. Сенькова Л. А., Гринев Л. В. Влияние минеральных удобрений на урожайность суданской травы // Журнал биологических наук и сельского хозяйства. 2025. № 1. С. 10–19. DOI: 10.63490/3034-6797-2025-01-01-13-19.
2. Ковтунова Н. А., Шишова Е. А. Продуктивный и питательный потенциал суданской травы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 4. С. 646–655. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.4.646-655.
3. Артеменко Д. Д., Бувечев А. П. Актуальные вызовы и перспективы развития животноводства в России // Продовольственная политика и безопасность. 2025. Т. 12, № 2. С. 495–510. DOI: 10.18334/ppib.12.2.123001.
4. Мушинский А. А., Мушинская Н. И. Эффективность возделывания однолетнего донника на корм при орошении в степной зоне Урала // Животноводство и кормопроизводство. 2015. № 1 (89). С. 109–113.
5. Плесакачев Ю. Н., Лаптина Ю. А., Куликова Н. А., Гиченкова О. Г. Формирование продукционного процесса суданской травы в зависимости от удобрений и стимулятора роста на орошаемых землях Нижнего Поволжья // Проблемы развития АПК региона. 2021. № 2 (46). С. 90–97. DOI: 10.52671/20790996_2021_2_90.
6. Лаптина Ю. А., Плесакачев Ю. Н., Гиченкова О. Г. Оптимизация параметров возделывания суданской травы в условиях Нижнего Поволжья // Известия НВ АУК. 2021. № 2 (62). С. 260–270. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-27.
7. Тарабрин А. М., Кондаков К. С., Вертикова Е. А. Оценка качества надземной биомассы суданской травы для селекции в условиях Нижнего Поволжья. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. Т. 1, № 6. С. 112–122. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-6-112-122.
8. Артемьев А. А., Гурьянов А. М., Капитанов М. П., Пронин А. А. Влияние срока сева и минерального питания на продуктивность однолетних травосмесей // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22, № 5. С. 735–744. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.735-744.
9. 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. Т. 22, № 2. С. 155–166. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.155-166).
10. Образцов В. Н., Кадыров С. В. Фотосинтетическая деятельность посевов фестулолиума в зависимости от сорта // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (79). С. 13–21. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_4_13-21.
11. Рахимов М. М., Ниязмухамедова М. Б., Солиев А. Ш., Ходжаева Н. Х. Динамика образования площади листьев некоторых злаковых в условиях богары // Вестник педагогического университета (Естественных наук). 2022. № 2 (14). С. 197–200.
12. Косенко С. В. Связь листовой поверхности различных по скороспелости сортов озимой пшеницы с продуктивностью в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 2. С. 168–170. DOI: 10.55186/25876740_2023_66_2_168.
13. Голубева Е. И., Зимин М. В., Тутубалина О. В. [и др.] Индекс листовой поверхности: методы полевых инструментальных измерений и использование материалов дистанционного зондирования // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2020. Т. 2, № 5. С. 70–74. DOI: 10.23885/2500-123X-2020-2-5-70-74.
14. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1993, 306 с.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
16. Беляев А. И., Пугачева А. М., Солонкин А. В. [и др.] Каталог селекционных достижений ФНЦ агроэкологии РАН. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2024. 76 с.
17. Щукис Е. Р., Щукис С. К. Реализация продуктового потенциала различными по скороспелости сортами и гибридами сорговых культур в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 12 (218). С. 31–38. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-218-12-31-38.
18. Можаяев Н. И., Серикпаев Н. А., Стыбаев Г. Ж. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. Астана: Фолиант, 2013. 160 с.

19. Solonkin A. V. Sukhareva E. P., Belikina A. V. Agro-economic evaluation on producing seeds of Sudanese grass in the steppe zone of the Lower Volga region of Russia // *Research on Crops*. 2023. Vol. 24, No. 3: 593–597. DOI: 10.31830/2348-7542.2023.ROC-971.

20. Sukhareva E. P., Belikina A. V. Agro-economic assessment of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) varieties in the Nizhnevolzhsky region of Russia // *Research on Crops*. 2023. Vol. 24, No. 4. Pp. 690–695. DOI: 10.31830/2348-7542.2023.ROC-996.

21. Satpal G. B., Bhardwaj K. K., Kharor N., Tokas J., Devi S. Response of sweet sudan grass to graded levels of phosphorus and potassium fertilization // *Indian Journal of Agricultural Research*. 2025. Vol. 59, No. 2. Pp. 244–248. DOI: 10.18805/IJARE.A-6055.

Об авторах:

Андрей Валерьевич Солонкин, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора, руководитель селекционно-семеноводческого центра древесных и кустарниковых пород, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия; ORCID 0000-0002-1576-7824, AuthorID 822657. E-mail: solonkin-a@vfanc.ru

Елена Петровна Сухарева, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия; ORCID 0000-0002-1083-3650, AuthorID 1004877. E-mail: lena.sukhareva.60@mail.ru

Анна Васильевна Беликина, научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия; ORCID 0000-0001-6576-3226, AuthorID 666862. E-mail: belikina-a@vfanc.ru

References

1. Senkova L. A., Grinets L. V. Grinets. Effect of mineral fertilizers on the yield of Sudan grass. *Journal of Biological Sciences and Agriculture*. 2025; 1: 10–19. DOI: 10.63490/034-6797-2025-01-01-13-19. (In Russ.)
2. Kovtunova N. A., Shishova E. A. Productive and nutritional potential of Sudan grass. *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2023; 4: 646–655. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.4.646-655. (In Russ.)
3. Artemenko D. D., Buevich A. P. Current challenges and prospects for the development of animal husbandry in Russia. *Food Policy and Security*. 2025; 12 (2): 495–510. DOI: 10.18334/ppib.12.2.123001. (In Russ.)
4. Mushinskiy A. A., Mushinskaya N. I. Efficiency of annual sweet clover cultivation for forage under irrigation in the steppe zone of the Urals. *Animal Husbandry and Forage Production*. 2015; 1 (89): 109–113. (In Russ.)
5. Pleskachev Yu. N., Laptina Yu. A., Kulikova N. A., Gichenkova O. G. Formation of the production process of the sudan grass depending on fertilizers and growth stimulator on irrigated lands of the Lower Volga. *Problems of Development of the Regional AIC*. 2021; 2 (46): 90–97. DOI: 10.52671/20790996_2021_2_90. (In Russ.)
6. Laptina Yu. A., Pleskachev Yu. N., Gichenkova O. G. Optimization of parameters of cultivation of Sudan grass in the conditions of the Lower Volga region. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2021; 2 (62): 260–270. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-27. (In Russ.)
7. Tarabrin A. M., Kondakov K. S., Vertikova E. A. Evaluation of the quality of above-ground biomass of sudan grass for breeding in the conditions of the Lower Volga region. *Izvestiya Timiryazev Agricultural Academy*. 2022; 1 (6): 112–122. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-6-112-122. (In Russ.)
8. Artyemyev A. A., Guryanov A. M., Kapitanov M. P., Pronin A. A. Influence of the sowing time and mineral fertilizers on the productivity of annual grass mixtures. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2021; 22 (5): 735–744. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.735-744. (In Russ.)
9. 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). *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2021; 22 (2): 155–166. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.2.155-166. (In Russ.)
10. Obraztsov V. N., Kadyrov S. V. Photosynthetic activity of Festulolium crops depending on variety. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2023; 4 (79): 13–21. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_4_13-21. (In Russ.)
11. Rakhimov M. M., Niyazmukhamedova M. B., Soliev A. Sh., Khodzhaeva N. Kh. Dynamics of leaving area of some cereals under bogara conditions. *Bulletin of the Pedagogical University (Natural Sciences)*. 2022; 2 (14): 197–200. (In Russ.)
12. Kosenko S. V. Relationship of the leaf surface of winter wheat varieties of different early mature with productivity in forest-steppe conditions of the Middle Volga region. *International Agricultural Journal*. 2023; 2: 168–170. DOI: 10.55186/25876740_2023_66_2_168. (In Russ.)

13. Golubeva E. I., Zimin M. V., Tutubalina O. V., et al. Leaf area index: methods of field instrumental measurements and using remote sensing materials. *Ecology. Economics. Informatics. Series: Geoinformation Technologies and Space Monitoring*. 2020; 5: 70–74. DOI: 10.23885/2500-123X-2020-2-5-70-74. (In Russ.)
15. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasilyev Yu. I. *Weather and climate of the Volgograd region*. Volgograd: VNIALMI, 1993, 306 p. (In Russ.)
16. Dospekhov B. A. *Field experiment methodology*. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
17. Belyaev A. I., Pugacheva A. M., Solonkin A. V., et al. *Catalog of breeding achievements of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences*. Volgograd: Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2024. 76 p. (In Russ.)
18. Shchukis E. R., Shchukis S. K. Realization of productive potential of sorghum crop varieties and hybrids with different ripeness time in the Altai region. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2022; 12 (218): 31–38. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-218-12-31-38. (In Russ.)
19. Mozhaev N. I., Serikpaev N. A., Stybaev G. Zh. *Programming of agricultural crop yields*. Astana: Foliant, 2013. 160 p. (In Russ.)
20. Solonkin A. V., Sukhareva E. P., Belikina A. V. Agro-economic evaluation on producing seeds of Sudanese grass in the steppe zone of the Lower Volga region of Russia. *Research on Crops*. 2023; 24 (3): 593–597. DOI: 10.31830/2348-7542.2023.ROC-971.
21. Sukhareva E. P., Belikina A. V. Agro-economic assessment of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) varieties in the Nizhnevolzhsky region of Russia. *Research on Crops*. 2023; 24 (4): 690–695. DOI: 10.31830/2348-7542.2023.ROC-996.
22. Satpal G. B., Bhardwaj K. K., Kharor N., Tokas J., Devi S. Response of sweet sudan grass to graded levels of phosphorus and potassium fertilization. *Indian Journal of Agricultural Research*. 2025; 59 (2): 244–248. DOI: 10.18805/IJARE.A-6055.

Authors' information:

Andrey V. Solonkin, doctor of agricultural sciences, deputy director, head of the breeding and seed center for tree and shrub species, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia; ORCID 0000-0002-1576-7824, AuthorID 822657. *E-mail: solonkin-a@vfanc.ru*

Elena P. Sukhareva, candidate of agricultural sciences, senior researcher, laboratory of breeding, seed production and nursery production, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia; ORCID 0000-0002-1083-3650, AuthorID 1004877. *E-mail: lena.sukhareva.60@mail.ru*

Anna V. Belikina, researcher, laboratory of selection, seed production, and nursery, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation, and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia; ORCID 0000-0001-6576-3226, AuthorID 666862. *E-mail: belikina-a@vfanc.ru*