

Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 1. С. 274-282.  
Animal Husbandry and Fodder Production. 2026. Vol. 109. No. 1. P. 274-282.

Научная статья  
УДК 633.174:631.559(470.56)  
doi: 10.33284/2658-3135-109-1-274

**Оценка продуктивности и биохимического состава зернового сорго и суданской травы как перспективных кормовых культур в условиях Оренбургской области**

Екатерина Юрьевна Подласова<sup>1</sup>, Григорий Иванович Бельков<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

<sup>1</sup>katerina.pryakhina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2985-198X>

<sup>2</sup>orniish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1122-9228>

**Аннотация.** В центральной зоне Оренбургской области изучен потенциал зернового сорго и суданской травы по биохимическому составу и продуктивности зеленой массы. Зерновое сорго обеспечило наибольшую урожайность зеленой массы – 14 т/га и площадь листовой поверхности – 14,3 тыс.м<sup>2</sup>/га по сравнению с суданской травой – 12,4 т/га и 6,6 тыс.м<sup>2</sup>/га соответственно. Наибольшее содержание белка в зеленой массе было у зернового сорго и составило 10,46 %, содержание сырой золы и калия было максимальным у суданской травы 6,8 % и 8694 мг/кг соответственно. Содержание фотосинтетических пигментов в фазу молочно-восковой зрелости зерна было наибольшим у суданской травы: *Car* – 0,94, *Cl a* – 24,3, *Cl b* – 8,1 и *Cl a+b* – 14,6. Суданская трава демонстрировала более выраженный липидный стресс перекисного окисления липидов (ПОЛ) по малоновому диальдегиду (МДА) 27,48 мкмоль/г и более высокую активность каталазы 0,418 мкН<sub>2</sub>O/мг при меньшей активности супероксиддисмутазы (СОД) 0,008 отн. ед./мг. Установлено что содержание полифенолов в зеленой массе было наибольшим у зернового сорго 0,09 мг/г, а флавоноидов у изучаемых культур – практически на одном уровне 5,88 и 5,78 мг/г. По результатам исследований зерновое сорго является более эффективной культурой по объему зеленой массы и белковому составу, тогда как суданская трава дополняет минеральный профиль и обладает другой антиоксидантной защитой по сравнению с зерновым сорго.

**Ключевые слова:** зерновое сорго, *Sorghum bicolor*, суданская трава, *Sorghum sudanense*, фотосинтетические пигменты, биохимические показатели, урожайность зеленой массы

**Благодарности:** работа выполнена в соответствии с планом НИР на 2022-2026 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ FNWZ-2022-0014).

**Для цитирования:** Подласова Е.Ю., Бельков Г.И. Оценка продуктивности и биохимического состава зернового сорго и суданской травы как перспективных кормовых культур в условиях Оренбургской области // Животноводство и кормопроизводство. 2026. Т. 109. № 1. С. 274-282. [Podlasova EYu, Belkov GI. Evaluation of the productivity and biochemical composition of grain sorghum and sudangrass as promising forage crops in the Orenburg region. Animal Husbandry and Fodder Production. 2026;109(1):274-282. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-1-274>

Original article

**Evaluation of the productivity and biochemical composition of grain sorghum and sudangrass as promising forage crops in the Orenburg region**

Ekaterina Yu Podlasova<sup>1</sup>, Grigory I Belkov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

<sup>1</sup>katerina.pryakhina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2985-198X>

<sup>2</sup>orniish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1122-9228>

**Abstract.** In the central zone of the Orenburg Region, the potential of grain sorghum and sudangrass was studied in terms of their biochemical composition and green mass productivity. Grain sorghum

provided the highest green mass yield of 14 t/ha and a leaf surface area of 14.3 thousand m<sup>2</sup>/ha, compared to sudangrass, which yielded 12.4 t/ha and 6.6 thousand m<sup>2</sup>/ha, respectively. The highest protein content in the green mass was found in grain sorghum, which was 10.46%, while the highest content of crude ash and potassium was found in sudangrass, which was 6.8% and 8694 mg/kg, respectively. The highest content of photosynthetic pigments was found in sudangrass at the stage of milk-wax maturity of the grain: *Car* – 0.94, *Cl a* – 24.3, *Cl b* – 8.1, and *Cl a+b* – 14.6. sudangrass showed a more pronounced lipid stress of lipid peroxidation (POL) by malondialdehyde (MDA) 27.48 μmol/g and a higher catalase activity of 0.418 μH<sub>2</sub>O/mg with a lower superoxide dismutase (SOD) activity of 0.008 relative units/mg. It was found that the content of polyphenols in the green mass was the highest in grain sorghum (0.09 mg/g), while the content of flavonoids in the studied crops was almost the same (5.88 and 5.78 mg/g). According to the results of the studies, grain sorghum is a more effective crop in terms of green mass volume and protein composition, while sudangrass complements the mineral profile and provides different antioxidant protection compared to grain sorghum.

**Keywords:** grain sorghum, *Sorghum bicolor*, sudangrass, *Sorghum sudanense*, photosynthetic pigments, biochemical indicators, green mass yield

**Acknowledgments:** the work was supported in accordance to the plan of research works for 2022-2026 FSBRI FRC BST RAS (No. FNWZ-2022-0014).

**For citation:** Podlasova EYu, Belkov GI. Evaluation of the productivity and biochemical composition of grain sorghum and sudangrass as promising forage crops in the Orenburg region. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2026;109(1):274-282. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-109-1-274>

### Введение.

В современном сельском хозяйстве, стремящемся к устойчивому развитию и повышению эффективности производства, особое значение приобретают поиск и внедрение новых кормовых культур. С высокой продуктивностью, питательной ценностью и адаптивностью к различным климатическим условиям (Подласова Е.Ю., 2023; Камова А.И. и др., 2024). В условиях нестабильных климатических изменений и возрастающей потребности в объемистых и высокоэнергетических кормах перспективными для животноводства являются зерновое сорго и суданская трава. Обе культуры неприхотливы и способны эффективно использовать водные ресурсы с формированием значительной биомассы в условиях ограниченного увлажнения (Капустин С.И. и др., 2022; Рокотянский М.И. и др., 2024). Это делает их особенно ценными для регионов с засушливым и полузасушливым климатом, где традиционные кормовые культуры не всегда обеспечивают стабильную урожайность. Использование зернового сорго и суданской травы в качестве корма для сельскохозяйственных животных позволяет снизить зависимость от импортных кормов, оптимизировать рацион и повысить рентабельность животноводства (Ковтунова Н.А. и др., 2022; Багринцева В.Н. и др., 2023). Кроме того, эти культуры могут способствовать улучшению структуры почвы и снижению эрозии, что важно для сохранения плодородия земель (Скорыходов В.Ю., 2023).

Однако для полной оценки кормовой ценности зернового сорго и суданской травы, необходимо учитывать не только содержание основных питательных веществ, но и наличие биологически активных веществ, определяющих качество и состояние растений. Антиоксидантные свойства кормов играют важную роль в поддержании здоровья животных, укреплении их иммунной системы и повышении устойчивости к различным заболеваниям (Безгодова И.Л. и др., 2024; Nataraj V et al., 2024). Особое значение имеют ферменты антиоксидантной защиты, такие как супероксиддисмутаза (СОД), и продукты перекисного окисления липидов (ПОЛ), в частности, малоновый диальдегид (МДА), отражающие уровень окислительного стресса в растительных тканях (Шашурин М.М. и Журавская А.Н., 2024). Оценка этих параметров позволяет получить более полное представление о кормовой ценности и потенциальных преимуществах использования зернового сорго и суданской травы в рационах сельскохозяйственных животных.

**Цель исследования.**

Определить биологически активные вещества и их значение в повышении питательной ценности зеленых кормов из зернового сорго и суданской травы.

**Материалы и методы исследования.**

**Объект исследования.** Растения *Sorghum bicolor*, сорт Державное, *Sorghum sudanense*, сорт Кинельская 100 – оригинатор Поволжский НИИСС им. П.Н. Константинова (г. Самара, Россия).

**Характеристика территории и природно-климатические условия.** Участок проведения полевых исследований расположен в центральной зоне Оренбургской области (Россия), п. Нежинка Оренбургского района. Среднесуточная температура воздуха за период вегетации составляет 20,1 °С при среднемноголетнем значении 19,6 °С. Сумма выпавших осадков превышает среднемноголетние значения на 45 мм. Почвенный покров участка – чернозем южный карбонатный среднесуглинистый, среднесиловой. Содержание нитратного азота в почве было на уровне 4,0-4,9 мг/кг, подвижного фосфора – 34-53 мг/кг и обменного калия – 256,5-302,5 мг/кг.

**Схема эксперимента.** Исследования проведены в 2025 году на опытном участке Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН». Предшественник – чистый пар. Эксперимент закладывали в трехкратной повторности с рандомизированным расположением делянок, учетная площадь делянки – 33 м<sup>2</sup>. Норма высева всхожих семян составила у суданской травы – 2,0 млн шт./га, у зернового сорго – 800 тыс. шт./га с междурядьем 15 см.

В фазу молочно-восковой зрелости зерна в листьях определяли: содержания фотосинтетических пигментов – хлорофилла а (*Cl a*), хлорофилла b (*Cl b*), суммы хлорофиллов а и b (*Cl a+b*) и каротиноидов (*Car*) по методике Смашевского Н.Д. (2011); массовую долю протеина (ГОСТ 34454-2018), содержания пролина (ГОСТ Р 55488-2013), флавоноидов (гомогенизирование в 1 % растворе HCl в метаноле) (Nogues S and Baker NR, 2000). Перекисное окисление липидов (ПОЛ) оценивали по количеству малонового диальдегида (МДА), супероксиддисмутазу определяли по подавлению восстановления нитросинего тетразолия (Курганова Л.Н. и др., 1999). Активность каталазы определяли по методике А.Н. Баха (Новиков Н.Н. и Таразанова Т.В., 2012).

Высоту измеряли у 20 растений по диагонали, площадь листовой поверхности определяли линейным методом, измеряли длину и максимальную ширину листовой поверхности. Уборку зеленой массы проводили в фазу молочно-восковой зрелости зерна, высота среза составила 10 см. Свежескошенная масса взвешивалась на весах и затем приводилась расчетным способом к урожайности на 1 га.

**Оборудование и технические средства.** Качество зеленой массы определяли в Центре коллективного пользования ФНЦ БСТ РАН (г. Оренбург) (<http://цкп-бст.рф>). Для проведения эксперимента использованы тракторы МТЗ-1221 (Беларусь), Т-25 (Россия), селекционные сеялки: СН-16 (Россия). Уборку урожая зеленой массы проводили с использованием триммера Huter (Германия), весы ВМ24001М (Россия). Лабораторная мельница ЛЗМ-1М (Россия), печь муфельная ПМ-16М, весы ВК-300.1 (Россия). Комплект оборудования для определения белка/азота по Кьельдалю (Millab, Италия). КВАНТ-2АТ - атомно-абсорбционный спектрофотометр (ООО "Кортэк", Россия), спектрофотометр UNIKO 1201 (Корея).

**Статистическая обработка.** Статистический анализ проводили с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением «Excel» («Microsoft», США). Результаты представлены в виде среднего (M) и стандартной ошибки среднего (m). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Достоверными считали значения при  $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,001$ .

**Результаты исследований.**

В формировании высокого и полноценного урожая зеленой массы важная роль отводится высоте растений, площади листовой поверхности (рис. 1).

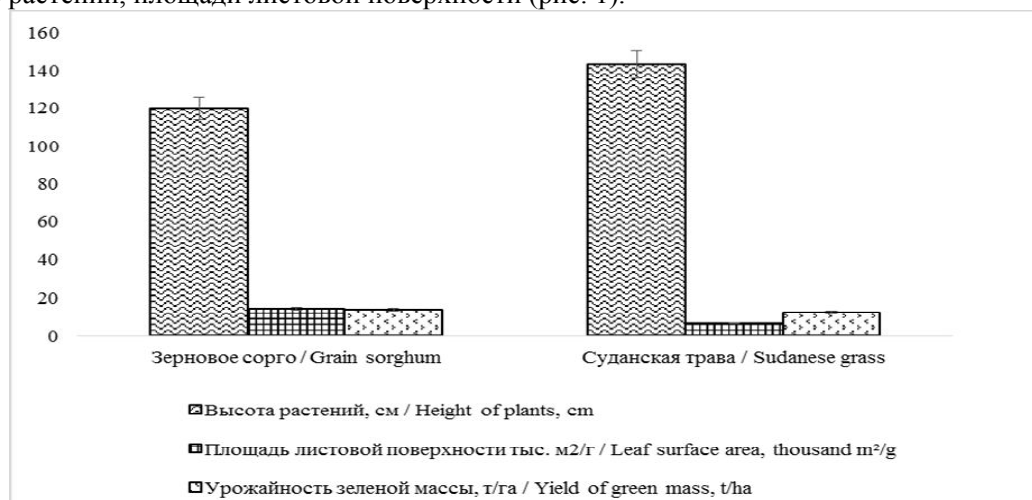


Рисунок 1. Параметры роста и продуктивность зернового сорго и суданской травы  
Figure 1. Growth parameters and productivity of grain sorghum and sudangrass

По данным морфометрии высота растений зернового сорго составила 120 см, что на 16,1 % ниже, чем у суданской травы, высота растений у которой 143 см. Однако, несмотря на более высокий рост, у суданской травы площадь листовой поверхности составила 6,6 тыс. м<sup>2</sup>/га, что в 2,2 раза меньше, чем листовая поверхность у зернового сорго – 14,3 тыс. м<sup>2</sup>/га. Урожайность зеленой массы у зернового сорго составила 14 т/га и была выше на 11,5 %, чем у суданской травы.

Питательная ценность зеленой массы изучаемых культур продемонстрировала некоторые различия (табл. 1).

Таблица 1. Качество зеленой массы зернового сорго и суданской травы  
Table 1. Quality of green mass of grain sorghum and sudangrass

Культура / Crop	Массовая доля протеина, % / Mass fraction of protein, %	Массовая доля сырой золы, % / Mass fraction of raw ash, %	Массовая доля фосфора, % / Mass fraction of phosphorus, %	Массовая доля калия, мг/кг / Mass fraction of potassium, mg/kg
Зерновое сорго / Grain sorghum	10,46	4,4	0,15	5214,0
Суданская трава / Sudangrass	8,31	6,8	0,15	8694,0

Содержание протеина в зеленой массе выше у зернового сорго – 10,46 %, в то время как в суданской траве этот показатель был ниже, составляя 8,31 %.

Суданская трава характеризовалась повышенным количеством зольных элементов и калия – 6,8 % и 8694 мг/кг соответственно. При этом концентрация фосфора в обеих исследуемых культурах была идентичной и составляла 0,15 %.

Анализ количества фотосинтетических пигментов на этапе молочно-восковой зрелости зерна показал значительные расхождения между зерновым сорго и суданской травой (табл. 2).

Таблица 2. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях зернового сорго и суданской травы, мг/см<sup>3</sup>

Table 2. Content of photosynthetic pigments in the leaves of grain sorghum and sudangrass, mg/cm<sup>3</sup>

Культура / Crop	Car.	Cl a	Cl b	Cl a+b
Зерновое сорго / Grain sorghum	0,62	15,5	5,4	9,6
Суданская трава / Sudanese grass	0,94	24,3	8,1	14,6

Суданская трава демонстрирует более высокое содержание Car. – 0,94 мг/см<sup>3</sup>, в то же время у зернового сорго содержание Car. равно 0,62 мг/см<sup>3</sup>. Содержание Cl a, Cl b и Cl a+b у суданской травы составило 24,3, 8,1 и 14,6 мг/см<sup>3</sup>, у зернового сорго данные концентрации были значительно ниже и составили 15,5, 5,4 и 9,6 % соответственно.

Анализ биохимических показателей растений в период молочно-восковой зрелости зерна выявил существенные различия в антиоксидантном статусе и содержании белков у зернового сорго и суданской травы (табл. 3).

Таблица 3. Биохимические показатели растений зернового сорго и суданской травы в период молочно-восковой зрелости зерна

Table 3. Biochemical parameters of grain sorghum and sudangrass at the milk-wax maturity stage

Показатели / Indicators	Зерновое сорго / Grain sorghum	Суданская трава / Sudangrass
ПОЛ по МДА, мкмоль/г / POL by MDA, $\mu\text{mol/g}$	13,75	27,48
СОД, отн. ед./мг / SOD, relative units/mg	0,06	0,008
Полифенолы, мг/г / Polyphenols, mg/g	0,09	0,03
Флавоноиды, мг/г / Flavonoids, mg/g	5,88	5,78
Каталаза мкН <sub>2</sub> О/мг белка/мин. / Catalase $\mu\text{N}_2\text{Omg protein/min}$	0,123	0,418

У суданской травы было выявлено более интенсивные процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ), о чем свидетельствует двукратное увеличение малонового диальдегида (МДА) (конечного продукта ПОЛ) и составило 27,48 мкмоль/г, при этом у зернового сорго значение ПОЛ по МДА было в два раза ниже.

Активность супероксиддисмутазы СОД, фермента, защищающего клетки от токсического действия свободных радикалов, в суданской траве составила 0,008 отн. ед./мг, у зернового сорго данный показатель был выше 0,06 отн. ед./мг.

Содержание полифенолов, являющихся природными антиоксидантами, также было значительно ниже в суданской траве 0,03 мг/г, чем у зернового сорго – 0,09 мг/г. При этом содержание флавоноидов было практически одинаковым у обеих культур – 5,78 и 5,88 мг/г для суданской травы и зернового сорго соответственно.

Активность каталазы, фермента, нейтрализующего перекись водорода, в суданской траве, наоборот, была более чем втрое выше – 0,418 мкН<sub>2</sub>О/мг белка/мин, чем в зерновом сорго, где она составляла 0,123 мкН<sub>2</sub>О/мг белка/мин.

### Обсуждение полученных результатов.

Результаты проведенных исследований выявляют сложную взаимосвязь между морфологическими, физиологическими и биохимическими характеристиками зеленой массы зернового сорго и суданской травы.

Одним из важных показателей, влияющих на урожайность зеленой массы, является площадь листовой поверхности. Площадь листовой поверхности у зернового сорго составила 14,3 тыс., что обеспечило более высокий урожай зеленой массы – 14 т/га.

Содержание протеина является основным показателем, характеризующим качество зеленой массы (Регер Н.С. и др., 2022). Зерновое сорго демонстрировало более высокое содержание протеина 10,46 % по сравнению с суданской травой 8,31 %, что благоприятно для кормления жвачных животных и эффективной биодоступности белков в рационе. Суданская трава характеризовалась более высоким содержанием сырой золы 6,8 %, что сопровождается повышением содержания калия 8694 мг/кг. В целом различия в минеральном составе позволяют рассматривать суданскую траву как источник минералов, тогда как зерновое сорго обеспечивает преимущественно белковую и потенциально более выгодную по энергетическому балансу пищевую массу.

Изучение фотосинтетических пигментов выявил, что суданская трава превосходит зерновое сорго по содержанию каротиноидов и хлорофилла. Показатели *Car.*, *Cl a*, *Cl b* и *Cl a+b* составили у суданской травы и зернового сорго соответственно 0,94 и 0,62, 24,3 и 15,5, 8,1 и 5,4, а также 14,5 и 9,6 мг/см<sup>2</sup>. Полученные данные, в фазе молочно-восковой зрелости зерна, указывают на то, что суданская трава обладает более мощным фотосинтетическим ресурсом, чем зерновое сорго (Мушинский А.А. и др., 2023).

Биохимический состав и антиоксидантная система растений отражают различия в устойчивости к окислительным процессам. У суданской травы на стадии молочно-восковой зрелости зерна наблюдается более выраженный липидный перекисный стресс, что подтверждается почти двукратным увеличением МДА до 27,48 мкмоль/г по сравнению с 13,75 мкмоль/г у зернового сорго. Высокая активность каталазы 0,418 мкН<sub>2</sub>О/мг белка/мин у суданской травы свидетельствует о развитой системе защиты от перекиси водорода. При этом у суданской травы существенно ниже активность СОД и полифенолов – 0,008 отн. ед./мг и 0,03 мг/г, у зернового сорго данные показатели составили 0,06 отн. ед./мг и 0,09 мг/г, что указывает на иную конфигурацию антиоксидантной защиты. Содержание белка выше у зернового сорго и составило 6,18 мг/г, а содержание флавоноидов было практически равно. В целом данные показывают, что суданская трава больше полагается на каталазную защиту для снижения последствий окислительного стресса, в то время как сорго полагается на более активную неферментную антиоксидантную систему и СОД.

### **Заключение.**

Совокупность морфологических и биохимических данных позволяет рассматривать зерновое сорго как более подходящую культуру для целей получения максимального объема зеленой массы и более высокого содержания протеина. Суданская трава может играть роль в рационе, где важно разнообразие минерального состава, однако ее более высокий уровень ПОЛ по МДА и сравнительно низкое содержание протеина требуют учета при формировании рационов и возможного использования в смесях с другими культурами.

### **Список источников**

1. Багринцева В.Н., Ивашенко И.Н., Сотченко Д.Ю. Влияние некорневой подкормки микроудобрением Батр Цинк на урожайность кукурузы и кормовые качества зерна // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 3. С. 213-224. [Bagrintseva VN, Ivashenenko IN, Sotchenko DY. Influence of foliar application with Batr Zinc microfertilizer on corn yield and grain feeding quality. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(3):213-224. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-3-213

2. Безгодова И.Л., Вахрушева В.В., Прядильщикова Е.Н. Возделывание суданской травы в моно- и бипосевах с однолетними культурами на кормовые цели в условиях Северо-Запада России // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. № 2(66). С. 15-23. [Bezgodova IL, Vakhrusheva VV, Pryadilshchikova EN. Cultivation of sudangrass in mono- and bi-sowings with annual crops for feed purposes in the conditions of North-West of Russia. Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2024;2(66):15-23. (In Russ.)]. doi: 10.35694/YARCX.2024.66.2.002
3. Влияние гибридов, регуляторов роста и органоминеральных удобрений на формирование урожая зернового сорго / Рокотьянский М.И., Сарычева А.Н., Резникова О.В., Серединцев Е.К. // Научно-агрономический журнал. 2024. № 1(124). С. 56-62. [Rokotyanskiy MI, Sarychev AN, Reznikova OV, Seredintsev EK. The influence of hybrids, growth regulators and organomineral fertilizers on the grain sorghum yield formation. Scientific Agronomy Journal. 2024;1(124):56-62. (In Russ.)]. doi: 10.34736/FNC.2024.124.1.007.56-62
4. ГОСТ 34454-2018. Продукция молочная. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля. Введ. 01.07.2019. М.: Стандартиформ, 2018. 11 с. [GOST 34454-2018. Dairy products. Determination of protein content by the Kjeldahl method. Vved. 01.07.2019. Moscow: Standartinform; 2018:11 p. (In Russ.)].
5. ГОСТ Р 55488-2013. Прополис. Метод определения полифенолов. Введ. 01.01.2015 г. М.: Стандартиформ, 2020. 5 с. [GOST R 55488-2013. Propolis. Method for the determination of polyphenols. Vved. 01.01.2015. Moscow: Standartinform; 2020: 5 p. (In Russ.)].
6. Камова А.И., Степанова Т.В., Орлова А.Г. Продуктивность люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции *Sinorhizobium meliloti* в условиях Республики Карелия // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 4. С. 295-308. [Kamova AI, Stepanova TV, Orlova AG. Productivity of alfalfa depending on inoculation of *Sinorhizobium meliloti* in conditions of the Republic of Karelia. Animal Husbandry and Fodder Production. 2024;107(4):295-308. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-107-4-295
7. Капустин С.И., Володин А.Б., Капустин А.С. Гетерозисная селекция гибридов сорго и суданской травы // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 3(36). С. 75-83. [Kapustin SI, Volodin AB, Kapustin AS. Heterosis breeding of sorghum-sudangrass hybrids. Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022;3(36):75-83. (In Russ.)].
8. Мушинский А.А., Саудабаева А.Ж., Васильева Т.Н. Содержание хлорофилла у растений *SOLANUM TUBEROSUM* под влиянием УДЧ молибдена // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 4. С. 8-17. [Mushinsky AA, Saudabaeva AZh, Vasilyeva TN. Chlorophyll content in *SOLANUM TUBEROSUM* plants under the influence of molybdenum UDP. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(4):8-17. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-4-8
9. Новиков Н.Н., Таразанова Т.В. Лабораторный практикум по биохимии растений: учеб. пособие. М.: Издательство РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2012. 97 с. [Novikov NN, Tarasanova TV. Laboratornii praktikum po biokhimmii rstenii: ucheb. posobie. Moscow: Izdatelstvo RGAU-MSKhA im. K.A. Timiryazeva; 2012:97 p. (In Russ.)].
10. Подласова Е.Ю. Влияние различных методов получения зерносенажа из злаково-бобовой смеси на ростовые показатели бычков // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 228-238. [Podlasova EYu. The effect of various methods of grain haylage obtaining from a cereal-bean mixture on the growth performance in bulls. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(1):228-238. (In Russ.)]. doi: 10.33284/2658-3135-106-1-228
11. Продукты перекисного окисления липидов как возможные посредники между воздействием повышенной температуры и развитием стресса-реакции у растений / Л.Н. Курганова и др. // Физиология растений. 1999. Т. 46. № 2. С. 218-222. [Kurganova LN et al. Lipid peroxidation products as possible mediators of heat stress response in plants. Russian Journal of Plant Physiology. 1999;46(2);181-185. (In Russ.)].

12. Регер Н.С., Бесалиев И.Н., Панфилов А.Н. Особенности формирования продуктивности посевов гороха и овса при применении биостимуляторов в засушливых условиях оренбургского Предуралья // *Животноводство и кормопроизводство*. 2022. Т. 105. № 1. С. 171-181. [Reger NS, Besaliev IN, Panfilov AL. Peculiarities of productivity formation of pea crops and oats after using biostimulants in arid conditions of the Orenburg Cis-Urals. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):171-181. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-105-1-171
13. Скороходов В.Ю. Суданская трава в качестве парозанимающей культуры в севооборотах степной зоны южного Урала // *Кормопроизводство*. 2023. № 2. С. 22-27. [Skorokhodov VYu. sudangrass as a fallow crop in crop rotations of the steppe zone of the southern Urals. *Kormoproizvodstvo*. 2023;2:22-27. (*In Russ.*)]. doi: 10.25685/krm.2023.2.2023.004
14. Смашевский Н.Д. Практикум по физиологии растений: учеб. пособие. Астрахань: Астрахан. гос. ун-т, 2011. 78 с. [Smashevsky ND. *Praktikum po fiziologii rastenii: ucheb. posobie*. Astrakhan: Astrakhan. gos. un-t; 2011:78 p. (*In Russ.*)].
15. Урожайность сорго травянистого в зависимости от метеорологических условий / Н.А. Ковтунова, В.В. Ковтунов, А.Е. Романюкин А.Е., Г.М. Ермолина // *Аграрная наука Северо-Востока* 2022. Т. 23. № 3. С. 334-342. [Kovtunova NA, Kovtunov VV, Romanyukin AE, Ermolina GM. sudangrass productivity depending on meteorological conditions. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022;23(3):334-342. (*In Russ.*)]. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.334-342
16. Шашурин М.М., Журавская А.Н. Прооксидантно-антиоксидантное соотношение в клетках проростков растений из разных эколого-географических мест произрастания // *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2024. Т. 29. № 3. С. 431-440. [Shashurin MM, Zhuravskaya AN. The pro-oxidant-antioxidant ratio in the cells of plant seedlings from various ecological and geographical growth locations. *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2024;29(3):431-440. (*In Russ.*)]. doi: 10.31242/2618-9712-2024-29-3-431-440
17. Nataraj V, Gupta S, Singh KH, et al. Envirotpe-based delineation of environmental effects and genotype × environment interactions in Indian soybean (*Glycine max*, L.). *Sci Rep*. 2024;14:11629. doi: 10.1038/s41598-024-62613-y
18. Nogues S, Baker NR. Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under UV-B radiation. *J Exp Bot*. 2000;51(348):1309-1317. doi: 10.1093/jxb/51.348.1309

## References

1. Bagrintseva VN, Ivashenko IN, Sotchenko DY. Influence of foliar application with Batr Zinc microfertilizer on corn yield and grain feeding quality. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(3):213-224. doi: 10.33284/2658-3135-106-3-213
2. Bezdodova IL, Vakhrusheva VV, Pryadilshchikova EN. Cultivation of sudangrass in mono- and bi-sowings with annual crops for feed purposes in the conditions of North-West of Russia. *Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald*. 2024;2(66):15-23. doi: 10.35694/YARCX.2024.66.2.002
3. Rokotyanskij MI, Sarychev AN, Reznikova OV, Seredintsev EK. The influence of hybrids, growth regulators and organomineral fertilizers on the grain sorghum yield formation. *Scientific Agronomy Journal*. 2024;1(124):56-62. doi: 10.34736/FNC.2024.124.1.007.56-62
4. State Standart 34454-2018. Dairy products. Determination of protein content by the Kjeldahl method. Implementation date 01.07.2019. Moscow: Standartinform; 2018:11 p.
5. State Standart R 55488-2013. Propolis. Method for the determination of polyphenols. Implementation date 01.01.2015. Moscow: Standartinform; 2020: 5 p.
6. Kamova AI, Stepanova TV, Orlova AG. Productivity of alfalfa depending on inoculation of *Sinorhizobium meliloti* in conditions of the Republic of Karelia. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(4):295-308. doi: 10.33284/2658-3135-107-4-295
7. Kapustin SI, Volodin AB, Kapustin AS. Heterosis breeding of sorghum-sudangrass hybrids // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2022;3(36):75-83.

8. Mushinsky AA, Saudabaeva AZh, Vasilyeva TN. Chlorophyll content in SOLANUM TUBEROSUM plants under the influence of molybdenum UDP. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(4):8-17. doi:10.33284/2658-3135-106-4-8
9. Novikov NN, Tarasanova TV. Laboratory practical training in plant biochemistry: a tutorial. Moscow: Publishing House of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; 2012:97 p.
10. Podlasova EYu. The effect of various methods of grain haylage obtaining from a cereal-bean mixture on the growth performance in bulls. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):228-238. doi:10.33284/2658-3135-106-1-228
11. Kurganova LN et al. Lipid peroxidation products as possible mediators of heat stress response in plants. *Russian Journal of Plant Physiology*. 1999;46(2):181-185.
12. Reger NS, Besaliev IN, Panfilov AL. Peculiarities of productivity formation of pea crops and oats after using biostimulants in arid conditions of the Orenburg Cis-Urals. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(1):171-181. doi:10.33284/2658-3135-105-1-171
13. Skorokhodov VYu. Sudangrass as a fallow crop in crop rotations of the steppe zone of the southern Urals. *Fodder Production*. 2023;2:22-27. doi: 10.25685/krm.2023.2.2023.004
14. Smashevsky ND. Practical training in plant physiology: textbook. Astrakhan: Astrakhan State University; 2011:78 p.
15. Kovtunova NA, Kovtunov VV, Romanyukin AE, Ermolina GM. sudangrass productivity depending on meteorological conditions. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022;23(3):334-342. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.334-342
16. Shashurin MM, Zhuravskaya AN. The pro-oxidant-antioxidant ratio in the cells of plant seedlings from various ecological and geographical growth locations. *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2024;29(3):431-440. doi: 10.31242/2618-9712-2024-29-3-431-440
17. Nataraj V, Gupta S, Singh KH, et al. Envirotpe-based delineation of environmental effects and genotype × environment interactions in Indian soybean (*Glycine max*, L.). *Sci Rep*. 2024;14:11629. doi: 10.1038/s41598-024-62613-y
18. Nogues S, Baker NR. Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under UV-B radiation. *J Exp Bot*. 2000;51(348):1309-1317. doi: 10.1093/jxb/51.348.1309

**Информация об авторах:**

**Екатерина Юрьевна Подласова**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекционно-генетических исследований в растениеводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1, тел.: 89877866593.

**Григорий Иванович Бельков**, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, научный руководитель, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1, тел.: 8(3532)30-83-44.

**Information about the authors:**

**Ekaterina Yu Podlasova**, Cand. Sci. (Agriculture), Researcher at the Laboratory of Breeding and Genetic Research in Crop Production, Federal Research Centre for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 27/1 Gagarin Ave., Orenburg, 460051, tel.: 89877866593.

**Grigory I Belkov**, Dr. Sci. (Agriculture), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 27/1 Gagarin Ave., Orenburg, 460051, tel.: 8(3532)30-83-44.

Статья поступила в редакцию 16.01.2026; одобрена после рецензирования 24.02.2026; принята к публикации 16.03.2026.

The article was submitted 16.01.2026; approved after reviewing 24.02.2026; accepted for publication 16.03.2026.