

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.282+57.017.64+631.552+631.52

DOI: 10.31367/2079-8725-2026-104-3-96-101

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ПРОТЕИНА
В ЗЕЛЕННОЙ МАССЕ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ

Е.А. Шишова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго, shischovae@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-7406-6622;

В. В. Ковтунов^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;

Н. А. Ковтунова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

А. Е. Романюкин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго, sorgo.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489;

Н. С. Кравченко¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимической и технологической оценки, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548.

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3;

²ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет,

344003, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, зд. 1.

В условиях изменения климата для увеличения посевных площадей и расширения потенциала использования культуры на кормовые цели для различных видов животных, изучение главного показателя питательности – содержания белка – приобретает особую актуальность. Цель данной работы – анализ особенностей накопления сырого протеина в сухом веществе зеленой массы суданской травы. Исследования проведены в 2023–2025 гг. Почва: обыкновенный карбонатный чернозем, характеризующийся содержанием гумуса 3,2%, фосфора – 10–40 мг/кг, азота – 70–110 мг/кг, калия – 300–500 мг/кг почвы. Гидротермический коэффициент имел значения от 0,24 (2024 г.) до 0,81 (2023 г.), что говорит о контрастных условиях проведенных исследований. Сорта суданской травы селекции «ФГБНУ «АНЦ «Донской» Алиса, Грация, Сельчанка выступили в качестве объекта исследований. Закладку опытов проводили в соответствии с Методикой государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. По содержанию сырого протеина изученные сорта имели близкие значения, немного превысил их сорт Сельчанка во все фазы вегетации. В фазе кущения отмечено наибольшее содержание сырого протеина (18,8–19,7%). К фазе выметывания данный показатель снижается почти в 2 раза (10,0–11,1%), и продолжает снижаться до конца вегетации. Связано это со снижением доли листьев в общем урожае зеленой массы с 36% (фаза выхода в трубку) до 18% в фазу полного созревания. Накопление содержания сырого протеина в листьях составило 12,8–15,4%, что на 40–85% выше, чем в стебле и на 18–39%, чем во всем растении. В среднем по сортам, регресс содержания сырого протеина во втором укосе составляет 17,1% к первому укосу, урожайности зеленой массы – 26,3%, урожайности сухого вещества – 34,1%, сбор переваримого протеина – 37,5%, сбора кормовых единиц 1,1%.

Ключевые слова: сорт, протеина, урожайность, вегетация, лист, укос, зеленая масса.

Для цитирования: Шишова Е.А., Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А., Романюкин А.Е., Кравченко Н.С. Особенности накопления протеина в зеленой массе суданской травы // Зерновое хозяйство России. 2026. Т. 18, №3. С. 96-101. DOI: 10.31367/2079-8725-2026-104-3-96-101.

FEATURES OF PROTEIN ACCUMULATION
IN GREEN MASS OF SUDAN GRASS

E.A. Shishova¹, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for sorghum breeding and seed production, shischovae@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-7406-6622;

V.V. Kovtunov^{1,2}, Doctor of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for sorghum breeding and seed production, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;

N.A. Kovtunova¹, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter wheat breeding and seed production, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;

A.E. Romanyukin¹, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for sorghum breeding and seed production, sorgo.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489;

N.S. Kravchenko¹, Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for biochemical, technological and agrochemical estimation of breeding material and seed quality, ninakravchenko78@mail.ru,

ORCID ID: 0000-0003-3388-1548.

¹FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Russia, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3;

²FSBEI HE "Donskoy State Technical University",
344000, Rostov region, Rostov-on-Don, Gagarin Sq., 1.

Due to climate change, in order to increase crop areas and expand the potential for using crops as feed for various animals, the study of the main nutritional indicator – protein content – is of great relevance. The purpose of the current study was to analyze the accumulation of crude protein in the dry matter of green mass of Sudan grass. The study was conducted in 2023–2025. The soil was ordinary carbonate blackearth with 3.2% of humus, 10–40 mg of phosphorus, 70–110 mg of nitrogen, and 300–500 mg of potassium per kg. The hydrothermal coefficient ranged from 0.24 (in 2024) to 0.81 (in 2023), indicating the contrasting conditions of the study. The objects of the study were the Sudan grass varieties Alisa, Gratsiya, and Selchanka, developed by the FSBSI "ARC "Donskoy". The trials were conducted in accordance with the Methodology of the State Commission for Variety Testing of Agricultural Crops. The studied varieties had similar crude protein percentage, with the variety Selchanka slightly exceeding it at all stages of the vegetation period. There has been recorded the highest crude protein percentage during the tillering stage (18.8–19.7%). By the heading phase, this value has dropped almost twofold (10.0–11.1%) and continued to decline up to the end of the vegetation period. This was due to a decrease in the proportion of leaves in the total green mass yield from 36% (a booting stage) to 18% at a dead-ripe stage. Crude protein accumulation in leaves amounted to 12.8–15.4%, which was 40–85% higher than in the stem and 18–39% higher than in the whole plant. On average, among the varieties, the regression of crude protein content in the second cutting was 17.1% compared to the first cutting, green mass productivity was 26.3%, dry matter productivity was 34.1%, digestible protein yield was 37.5%, and feed unit yield was 1.1%.

Keywords: variety, protein, productivity, vegetation, leaf, cutting, green mass.

Введение. В последние годы возрос интерес к суданской траве из-за высокого потенциала в производстве кормов и устойчивости к засухе во многих регионах не только России, но и в мире. Благодаря своему высокому потенциалу и ценным хозяйственно-ценным качествам в ряде стран она используется, преимущественно, на пастбищах, на сено, силос. Данная культура позволяет получать стабильные урожаи зеленой и сухой массы с единицы площади с высоким качеством, как при самостоятельном возделывании, так и в смешанных посевах с такими культурами как соя, горох, вика, кукуруза, ячмень, амарант, подсолнечник и т.д. (Муслимов, 2023). Важным условием современных селекционных программ является сочетание в сортах устойчивого продуктивного потенциала с высоким качеством кормов для определенных агроэкологических условий (Грабовец и Бирюков, 2021). В связи с этим, генетическое улучшение суданской травы направлено на повышение продуктивности зеленой и сухой массы, адаптивности, облиственности, скорости роста при скашивании, устойчивости к болезням и, главное, качества корма. Установлено, что урожайность зеленой массы и содержание сырого протеина имеют обратную корреляцию. Так в раннее проведенных нами исследованиях, коэффициент корреляции составлял $-0,18 \pm 0,07$, при увеличении протеина на 1% урожайность снижалась на $93,8 \text{ г/м}^2$. Однако, в результате анализа коллекции было выделено несколько образцов, сочетающих урожайность ($3888\text{--}5376 \text{ г/м}^2$) с содержанием сырого протеина $11,91\text{--}12,74\%$, а так же урожайностью $3090\text{--}3976 \text{ г/м}^2$ и протеином $14,75\text{--}16,13\%$. Это подтверждает возможность сочетания в сорте высокой урожайности и качества (Ковтунова и Шишова, 2023).

Одним из основных критериев при оценке сорта любой культуры является повышение питательной ценности корма. По данным И.Голубиновой содержание сырого протеина снижается по мере вегетации и варьирует в зависимости от сорта, срока посева,

интенсивности скашивания и густоты стояния растений, в то время как содержание клетчатки увеличивается, что является предпосылкой снижения питательной ценности и усвояемости корма (Голубинова и др., 2016).

Знание питательной ценности кормов позволяет не только правильно сбалансировать рационы, но и способствует принятию стратегий управления и выбору сортов, направленных на увеличение их питательной ценности. Селекционерам это позволит провести отбор линий, образцов для использования в гибридизации, так как следует учитывать наследование данного показателя по типу доминирования меньших значений. В целом, качественные показатели и влияние на них различных факторов слабо освещены в литературе. В связи с этим, в условиях изменения климата для увеличения посевных площадей и расширения потенциала использования культуры на кормовые цели для различных видов животных, изучение главного показателя питательности – содержания белка – приобретает особую актуальность.

Цель данной работы – анализ особенностей накопления сырого протеина в сухом веществе зеленой массы суданской травы.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в 2023–2025 гг. в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (г. Зерноград Ростовской области). Почва: обыкновенный карбонатный чернозем, характеризующийся содержанием гумуса 3,2%, фосфора – 10–40 мг/кг, азота – 70–110 мг/кг, калия – 300–500 мг/кг почвы (Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы, 2022). Гидротермический коэффициент за период вегетации сорго (май–сентябрь) имел значения в 2023 г. 0,81; в 2024 г. – 0,24; в 2025 г. – 0,60, что говорит о контрастных условиях проведенных исследований.

Сорта суданской травы селекции «ФГБНУ «АНЦ «Донской» Алиса, Грация, Сельчанка выступили в качестве объекта исследований.

Закладку опытов проводили в соответствии с Методикой государственной комиссии по сорто-

испытанию сельскохозяйственных культур. Посев осуществляли в оптимальные сроки (первая-вторая декада мая) широкорядным способом (междурядье 70 см, норма высева 350 тыс. шт./га). Площадь делянки 21 м², 3 повторности, расположение делянок систематическое, площадь опыта 189 м². В течение вегетации осуществляли два укоса зеленой массы по достижению фазы выметывания.

Для определения содержания сухого вещества, протеина и клетчатки проводили отбор средних проб зеленой массы в фазу «кущение», «выметывание»,

«цветение», «молочная спелость», «полная спелость» согласно общепринятых методик (ГОСТ 31640-2012, ГОСТ 13496.4-2019, ГОСТ 31675-2012).

Математическую обработку осуществляли по методикам, изложенным Б. А. Доспеховым.

Результаты и их обсуждение. На примере сортов суданской травы Алиса, Грация и Сельчанка на рисунке 1 показан регресс содержания сырого протеина в сухом веществе зеленой массы по мере роста и развития растения.

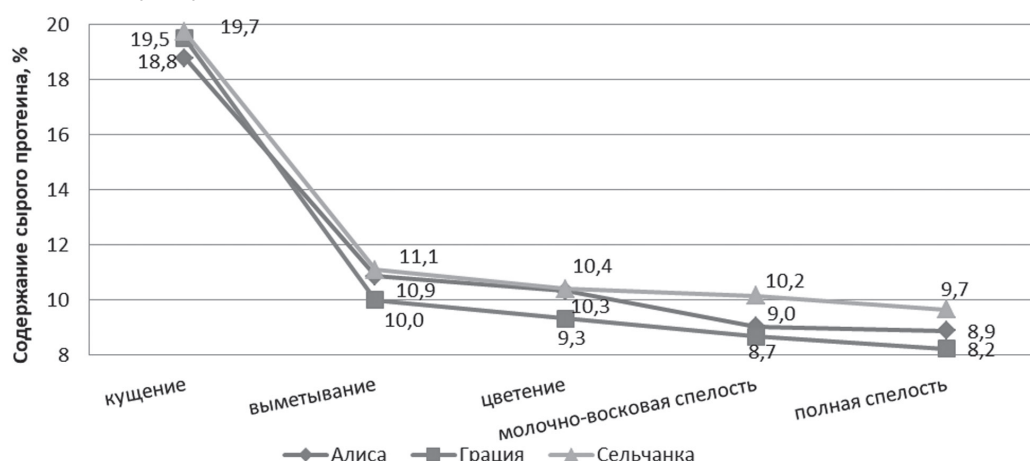


Рис. 1. Регресс содержания сырого протеина в зеленой массе суданской травы в течение вегетации, 2023-2025 гг.

Fig. 1. Regression of crude protein percentage in green mass of Sudan grass during a vegetation period, 2023-2025

По данному показателю изученные сорта имели близкие значения, немного превысил их сорт Сельчанка во все фазы вегетации.

В фазе кушения отмечено наибольшее содержание сырого протеина (18,8–19,7%). Однако, в этот период происходит только закладка побегов, растения достигают высоты не более 50 см. К фазе выметывания растения полностью сформированы, с максимальными значениями размеров листьев. Содержание сырого протеина к этому моменту снижается почти в 2 раза и достигает 10,0–11,1%, и продолжает снижаться до конца вегетации. К фазе полной спелости зерна наблюдается увеличение углеводов, кремния, лигнина,

сухого вещества и клетчатки, накапливается больше волокон, увеличивается доля стеблей.

Регресс содержания сырого протеина объясняется уменьшением в биомассе удельного веса листьев, в которых содержат больше белка, чем в других частях растений. Так на рисунке 2 на примере сорта Алиса показано изменение соотношения различных частей растений в зависимости от фазы вегетации. К полной спелости зерна доля листьев в общем урожае зеленой массы составляет 18%, что в 2 раза ниже, чем в фазу выхода в трубку и выметывания. У сортов Грация и Сельчанка аналогичные результаты.

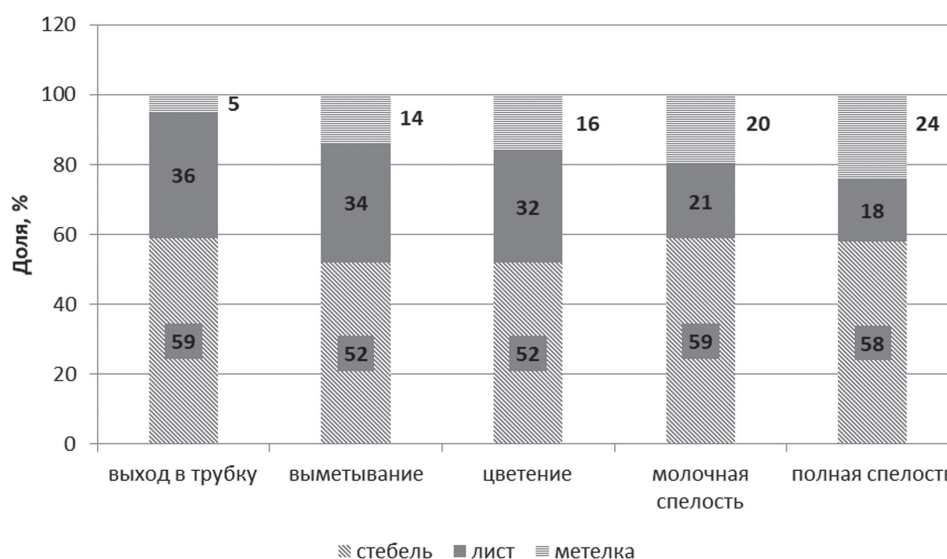


Рис. 2. Соотношение различных частей растения в общей биомассе в течение вегетации, сорт Алиса, 2023–2025 гг.

Fig. 2. Proportion of different plant parts in total biomass during a vegetation period, the variety Alisa, 2023–2025

Это согласуется с другими исследователями, утверждающими о наибольшем приросте листьев в период «всходы-кущение» и дальнейшем снижении темпов их роста (Cruz и др., 2025; Bazitov и Enchev, 2021). По мере роста растений меняется строение растений, новые листья уже не формируются, нижние начинают усыхать, протеин из нижней части перемещается в генеративную часть, где формируется зерно, что в результате приводит к снижению продуктивности

и качества биомассы суданской травы. В фазу выметывания наблюдается наилучшее сочетание урожайности и качества зеленой массы.

Наибольшее накопление сырого протеина отмечено в листьях. По всем изученным сортам в листьях изучаемый признак имел значения 12,84–15,43%, что на 40–85% выше, чем в стебле и на 18–39%, чем во всем растении (рис. 3).

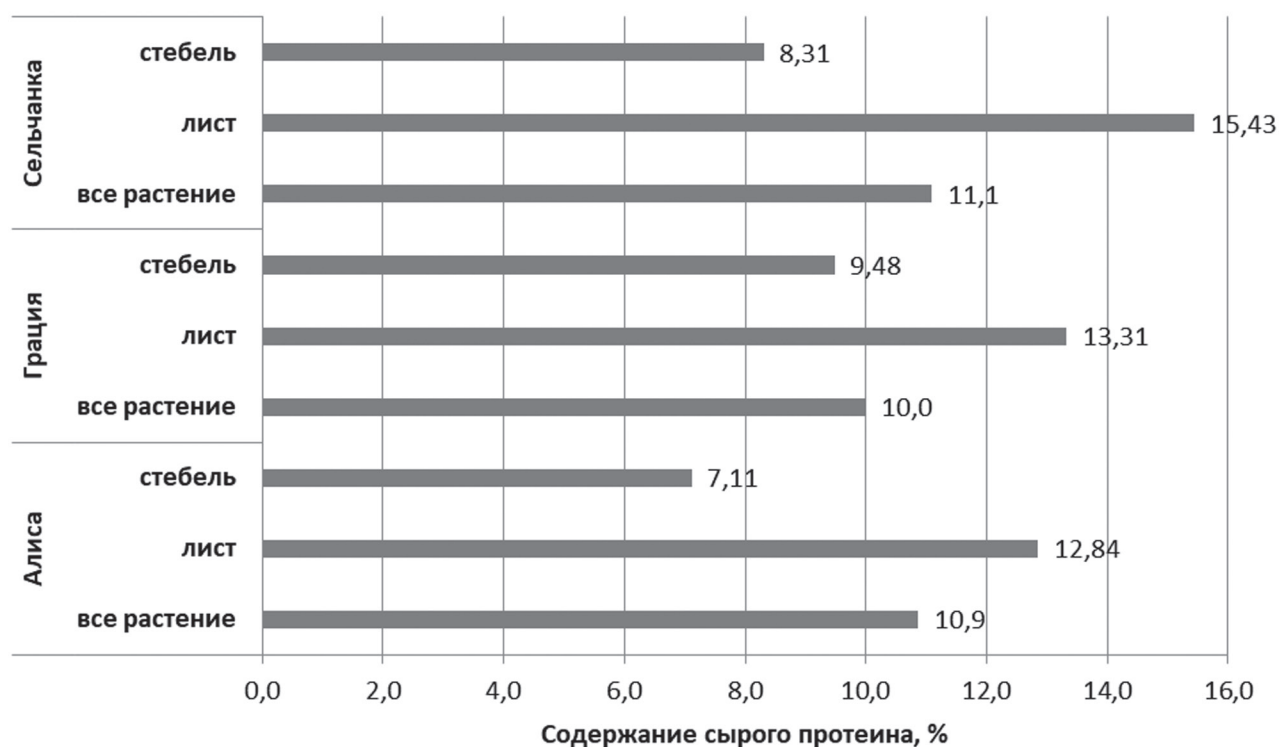


Рис. 3. Содержание сырого протеина в различных частях растения (фаза выметывания), 2023–2025 гг.

Fig. 3. Crude protein percentage in different plant parts (a heading phase), 2023–2025

Растения содержат больше сырого протеина в листьях из-за более высокой способности фотосинтеза и более высокого содержания азота и питательных веществ в листьях по сравнению со стеблями и корнями. В исследованиях F.Alatürk (2024) содержание сырого протеина в листьях и стеблях пропорционально уменьшалось на 64% в листьях и на 60% – в стеблях с увеличением высоты.

Питательная ценность любой продукции растениеводства определяется условиями производства, включающими не только метеоусловия, но и сроки, способы посева, уборки и т.д. (Tulu и др., 2025; Бычкова и др., 2024). Согласно проведенному ранее анализу, содержание сырого протеина имеет отрицательную

корреляционную связь с ГТК ($r=-0.78...-0.92$). Его увеличение на 0,1 сопровождается снижением содержания сырого протеина на 0,82-1,22% (Ковтунова и др., 2024).

По результатам дисперсионного анализа, проведенного Капустиным С.И. и др. (2025), на содержание сырого протеина наибольшее влияние оказывает фактор «срок уборки», его вклад в общую изменчивость признака составляет 69,8%, фактора «ширина междурядий» - 5,4%, фактора «сорт» - 3,1%.

В таблице 1 приведена характеристика изученных сортов по основным хозяйственно-ценным признакам в зависимости от укоса.

Таблица 1. Характеристика сортов суданской травы, 2023–2025 гг.
Table 1. Characteristics of Sudan grass varieties, 2023–2025

Показатель		Алиса	Грация	Сельчанка	Среднее
Содержание сырого протеина, % (НСП ₀₅ =0,43%)	1 укос	7,11	9,48	8,31	8,30
	2 укос	6,15	8,96	8,01	7,71
Содержание сырой клетчатки, % (НСП ₀₅ =1,7%)	1 укос	43,48	44,27	42,53	43,43
	2 укос	46,53	45,28	46,16	45,99
Высота растений, см (НСП ₀₅ =10 см)	1 укос	160	177	165	167
	2 укос	102	120	121	114
Облиственность, % (НСП ₀₅ =1%)	1 укос	34	35	34	34
	2 укос	29	29	28	29
Продолжительность периода «всходы-1 укос», дн. (НСП ₀₅ =1 день)	1 укос	53	53	51	52
	2 укос	55	56	54	55
Урожайность зеленой массы, т/га (НСП ₀₅ =2 т/га)	1 укос	20	19	19	19
	2 укос	13	15	14	14
Урожайность сухого вещества, т/га (НСП ₀₅ =0,6 т/га)	1 укос	4,4	4,6	4,2	4,4
	2 укос	2,3	3,5	2,7	2,9
Сбор переваримого протеина, т/га (НСП ₀₅ =0,02 т/га)	1 укос	0,21	0,29	0,23	0,24
	2 укос	0,10	0,21	0,15	0,15
Сбор кормовых единиц (НСП ₀₅ =1 к.е.)	1 укос	91	93	90	92
	2 укос	91	92	91	91

Во втором укосе зеленой массы наблюдается снижение высоты растений, что объясняет более низкое содержание сухого вещества. Снижение облиственности влияет на фотосинтетическую активность, что влечет уменьшение урожайности зеленой массы и содержания сырого протеина. В среднем по сортам, регресс содержания сырого протеина во втором укосе составляет 17,1% к первому укосу, урожайности зеленой массы – 26,3%, урожайности сухого вещества – 34,1%, сбор переваримого протеина – 37,5%, сбора кормовых единиц 1,1%.

Выводы.

1. Наблюдается снижение содержания сырого протеина от первого укоса ко второму: в зеленой массе изученных сортов суданской травы в первом укосе значение данного показателя 10,0–11,1% (фаза выметывания), во втором – 6,15–8,96%, снижение составило 17,1% к первому укосу.

2. В течение роста и развития растений так же

наблюдается снижение уровня данного показателя с 18,8–19,7% (кущение) до 8,2–9,7% (полная спелость). Это объясняется снижением в 2 раза доли листьев в общем урожае зеленой массы, где в которых происходит наибольшее накопление содержания сырого протеина: 12,8–15,4%, что на 40–85% выше, чем в стебле и на 18–39%, чем во всем растении. Регресс содержания урожайности зеленой массы во втором укосе составляет 26,3% к первому укосу, урожайности сухого вещества – 34,1%, сбор переваримого протеина – 37,5%, сбора кормовых единиц 1,1%.

3. По содержанию сырого протеина как в первом, так и во втором укосе наибольшие значения отмечены у сорта Грация (9,48 и 8,96% соответственно).

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (тема № FNFN-2025-0010).

Библиографический список

1. Бычкова В.В., Кибальник О.П., Сазонова И.А., Каменева О.Б. Влияние метеорологических условий года на биохимический состав зерна сорго // Аграрная наука. 2023. №12. С 102-107. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-102-107
2. Грабовец А.И., Бирюков К.Н. Роль сорта в стабилизации производства зерна в широком диапазоне агроклиматических факторов // Земледелие. 2021. №5. С.41–45. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-5-41-45
3. Капустин С. И., Багринцева Н.А., Самойленко А.В., Капустин А.С., Самокиш Н.В. Влияние способов посева и сроков скашивания сорго-суданковых гибридов на зоотехнический анализ и аминокислотный состав их зеленой массы // Таврический вестник аграрной науки. 2025. № 4 (44). С. 46–58. DOI: 10.5281/zenodo.17587264.
4. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Романюкин А.Е., Шишова Е.А., Кравченко Н.С. Динамика содержания сухого вещества и протеина в зеленой массе суданской травы в зависимости от способа посева // Аграрная наука Северо-Востока. 2024. № 25.С. 444-452. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.3.444-452
5. Ковтунова Н.А., Шишова Е.А. Продуктивный и питательный потенциал суданской травы // Аграрная наука Северо-Востока. 2023. №24. 4.С. 646-655. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.4.646-655
6. Муслимов М. Г. Современное состояние и инновационные пути решения проблем в кормопроизводстве республики Дагестан. Проблемы развития АПК региона. 2023. № 1(53). С. 61-66. DOI: 10.52671/20790996_2023_1_61

7. Alatürk F. Effects of harvest height and time on hay yield and quality of some sweet sorghum and sorghum Sudan-grass hybrid varieties. *Peer J.* 2024, 12: e17274. DOI: 10.7717/peerj.17274
8. Bazitov R., Enchev S. Productivity and chemical composition of green biomass from Sudan grass, grown as a second crop, with optimal and insufficient water supply. *Agricultural science.* 2021, 13, 31: 81-86. DOI: 10.22620/agrisci.2021.31.012
9. Cruz A., Bangari M., Aviles D., Impa S.M., Ostmeier T., Ritchie G., Hayes C., Norris A., Jagadish S.V. K. Assessment of biomass and nutritive value of warm season annual forages, including prussic acid free sorghum. *Plant Physiology Reports.* 2025, 30: 749–761. DOI: 10.1007/s40502-025-00900-0
10. Golubanova I., Naydenova Y., Enchev S., Kikindonov Tz., Ilieva A., Marinov-Serafimov P. Biochemical evaluation of forage quality from mutant forms Sudan grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.). *Rasteniyevedni nauki (Bulgarian Journal of Crop Science).* 2016, 53(5-6): 76–84 (Bg)
11. Tulu A., Diribsa M., Gadisa B., Temesgen W. Stover yield, morphological fractions and nutrient composition of five stay-green sorghum (*Sorghum biochar* L.) varieties at the physiological maturity stage. *Heliyon.* 2025, 6; 11(1): e41753. DOI: 10.1016/j.heliyon.2025.e41753.

References

1. Bychkova V.V., Kibal'nik O.P., Sazonova I.A., Kameneva O.B. Vliyanie meteorologicheskikh uslovij goda na biokhimicheskiy sostav zerna sorgo [The effect of weather conditions on the biochemical composition of sorghum grain] // *Agrarnaya nauka.* 2023. №12. S. 102-107. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-102-107
2. Grabovec A.I., Biryukov K.N. Rol' sorta v stabilizatsii proizvodstva zerna v shirokom diapazone agroklimaticheskikh faktorov [The role of a variety in stabilizing grain production under a wide range of agroclimatic factors] // *Zemledelie.* 2021. №5. S.41–45. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-5-41-45
3. Kapustin S. I., Bagrineva N.A., Samojlenko A.V., Kapustin A.S., Samokish N.V. Vliyanie sposobov poseva i srokov skashivaniya sorgo-sudankovykh gibridov na zootehnicheskij analiz i aminokislotnyy sostav ih zelenoy massy [The effect of sowing methods and harvesting time of sorghum-Sudan hybrids on the zootechnical analysis and amino acid composition of their green mass] // *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki.* 2025. № 4 (44). S. 46–58. DOI: 10.5281/zenodo.17587264
4. Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Romanyukin A.E., Shishova E.A., Kravchenko N.S. Dinamika soderzhaniya suhogo veshchestva i proteina v zelenoy masse sudanskoj travy v zavisimosti ot sposoba poseva [Dynamics of dry matter and protein percentage in Sudan green mass depending on sowing method] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka.* 2024. № 25. S. 444-452. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.3.444-452
5. Kovtunova N.A., Shishova E.A. Produktivnyy i pitatel'nyy potencial sudanskoj travy [Productive and nutritional potential of Sudan grass] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka.* 2023. №24, 4.S. 646-655. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.4.646-655
6. Muslimov M. G. Sovremennoe sostoyanie i innovatsionnye puti resheniya problem v kormoproizvodstve respubliki Dagestan. Problemy razvitiya APK regiona [Current state and innovative solutions to feed production problems in the Republic of Dagestan]. 2023. № 1(53). S. 61-66. DOI: 10.52671/20790996_2023_1_61
7. Alatürk F. Effects of harvest height and time on hay yield and quality of some sweet sorghum and sorghum Sudan-grass hybrid varieties. *Peer J.* 2024, 12: e17274. DOI: 10.7717/peerj.17274
8. Bazitov R., Enchev S. Productivity and chemical composition of green biomass from Sudan grass, grown as a second crop, with optimal and insufficient water supply. *Agricultural science.* 2021, 13, 31: 81-86. DOI: 10.22620/agrisci.2021.31.012
9. Cruz A., Bangari M., Aviles D., Impa S.M., Ostmeier T., Ritchie G., Hayes C., Norris A., Jagadish S.V. K. Assessment of biomass and nutritive value of warm season annual forages, including prussic acid free sorghum. *Plant Physiology Reports.* 2025, 30: 749–761. DOI: 10.1007/s40502-025-00900-0
10. Golubanova I., Naydenova Y., Enchev S., Kikindonov Tz., Ilieva A., Marinov-Serafimov P. Biochemical evaluation of forage quality from mutant forms Sudan grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.). *Rasteniyevedni nauki (Bulgarian Journal of Crop Science).* 2016, 53(5-6): 76–84 (Bg)
11. Tulu A., Diribsa M., Gadisa B., Temesgen W. Stover yield, morphological fractions and nutrient composition of five stay-green sorghum (*Sorghum biochar* L.) varieties at the physiological maturity stage. *Heliyon.* 2025, 6; 11(1): e41753. DOI: 10.1016/j.heliyon.2025.e41753.

Поступила: 11.02.26; доработана после рецензирования: 18.05.26; принята к публикации: 18.05.26.

Критерии авторства. Авторы подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Шишова Е.А., Ковтунов В.В., Ковтунова Н.А. – концептуализация исследований, подготовка рукописи, Романюкин А.Е., Кравченко Н.С. – проведение лабораторных опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.