



Кустистость как элемент продуктивности суданской травы

© 2025. Н. А. Ковтунова^{1✉}, В. В. Ковтунов^{1,2}, Е. А. Шишова¹,
А. Е. Романюкин¹

¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация,

²ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Физиологические основы кустистости суданской травы и приемы ее регулирования изучены недостаточно, так как на этот признак оказывают влияние как генотип, так и окружающая среда. Цель работы – выявить зависимость кустистости сортов суданской травы от внешних условий выращивания (метеорологические факторы, способы посева), установить влияние признака на урожайность, качество зеленой массы культуры. Исследования проводили в условиях Ростовской области в 2018–2024 гг. по общепринятым методикам. Объекты исследований – 4 сорта суданской травы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» и 8 образцов-источников высокой кустистости. Метеорологические условия в период «всходы – выметывание» были контрастными: от очень сильной засухи в 2024 г. (ГТК – 0,29) до недостаточной увлажненности в 2020, 2021 и 2023 гг. (ГТК – 0,90...1,02). При широкорядном способе посева (междурядье 70 см) кустистость в среднем по сортам выше – 2,2 стебля/растение, чем при рядовом (15 см) – 1,7 стебля/растение. Установлено, что кустистость суданской травы коррелировала с суммой активных температур как при широкорядном ($r = 0,26 \pm 0,19$), так и рядовом ($r = 0,39 \pm 0,18$) способах посева. Кустистость растений при широкорядном посеве также зависела от количества осадков ($r = 0,40 \pm 0,18$) и влияла на урожайность зеленой массы ($r = 0,28 \pm 0,16$), с семенной продуктивностью связь не выявлена. Установлена средняя положительная связь кустистости и содержания протеина в зеленой массе как при широкорядном ($r = 0,52 \pm 0,16$), так и при рядовом ($r = 0,65 \pm 0,15$) способах посева. У выделенных источников сильной кустистости 5,0...8,5 стебля/растение (К-447, К-384, Приобская 97, Мечта Поволжья, Пензенская ранняя, К-335, Голубовская, Воронежская) содержание сырого протеина в зеленой массе составило 12,9–14,3 %, у стандартного сорта Александрина – 2,4 стебля/растение и 10,4 % соответственно.

Ключевые слова: *Sorghum x drummondii* (Steud.) Millsp. & Chase, протеин, урожайность, зеленая масса, корреляция, способ посева

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (тема № 0505-2025-0010).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Шишова Е. А., Романюкин А. Е. Кустистость как элемент продуктивности суданской травы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(2):347–356.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.2.347-356>

Поступила: 12.02.2025

Принята к публикации: 17.03.2025

Опубликована онлайн: 29.04.2025

Tilling capacity as an element of Sudan grass productivity

© 2025. Natalia A. Kovtunova^{1✉}, Vladimir V. Kovtunov^{1,2}, Elena A. Shishova¹,
Aleksander E. Romanyukin¹

¹Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Rostov region, Russian Federation,

²Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

The physiological bases for Sudan grass tilling capacity and methods for its regulation have not been sufficiently studied, since this trait is affected by both a genotype and the environment. The purpose of the research was to identify the dependence of tilling capacity of Sudan grass cultivars on external growing conditions (weather factors, sowing methods), to determine the effect of the trait on productivity, green mass quality of the crop. The study was carried out in the Rostov region in 2018–2024 using generally accepted methods. The objects of the study were 4 Sudan grass cultivars developed by the FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy” and 8 samples as the sources of high tilling capacity. Weather conditions during the “seedlings - heading” period varied from very severe drought in 2024 (HTC – 0.29) to insufficient moisture in 2020, 2021 and 2023 (HTC – 0.90 ... 1.02). With wide-row sowing (70 cm between rows), the tilling capacity was higher on average among the cultivars with 2.2 stems per plant, than that with row sowing (15 cm) with 1.7 stems per plant. There has been found that Sudan grass tilling capacity correlates with the sum of active temperatures for both wide-row ($r = 0.26 \pm 0.19$) and row sowing ($r = 0.39 \pm 0.18$). The tilling capacity of plants with wide-row sowing also depends on precipitation ($r = 0.40 \pm 0.18$) and affects green mass productivity ($r = 0.28 \pm 0.16$). There has been no correlation with seed productivity. There has been established a mean positive correlation between tilling capacity and protein percentage in green mass both with wide-row ($r = 0.52 \pm 0.16$) and row ($r = 0.65 \pm 0.15$) sowing methods. There was 12.9–14.3 % of crude protein in green mass of the identified sources of high tilling capacity with 5.0...8.5 stems per plant, such as ‘K-447’, ‘K-384’, ‘Priobskaya 97’,

‘Mechta Povolzhya’, ‘Penzenskaya rannaya’, ‘K-335’, ‘Golubovskaya’, ‘Voronezhskaya’, when the standard cultivar ‘Alexandrina’ was characterized with 2.4 stems per plant and 10.4 % of crude protein.

Keywords: *Sorghum x drummondii* (Steud.) Millsp. & Chase, protein, yield, green mass, correlation, the method of sowing

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Agricultural Research Center “Donskoy” (theme No. 0505-2022-0003).

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

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

For citation: Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Shishova E. A., Romanyukin A. E. Tilling capacity as an element of Sudan grass productivity. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(2):347–356. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.2.347-356>

Received: 12.02.2025

Accepted for publication: 17.03.2025

Published online: 29.04.2025

Кустистость считается одним из наиболее пластичных признаков, влияющих на накопление биомассы различных культур за счет развития площади листовой поверхности, которая определяет рост растений, динамику поглощения световых ресурсов, потребности в воде и питательных веществах в течение жизненного цикла растения [1, 2]. Кушение является общим признаком многих ключевых зерновых культур: пшеницы, ячменя, риса, проса, сорго, кукурузы.

Кустистость регулируется рядом экологических и генетических факторов. Х. К. Ким с соавт. (H. K. Kim et al.) [1] показали, что появление подгонов у сорго было в значительной степени синхронизировано с появлением листьев главного побега. Установлено, что у гибридов со слабой кустистостью листья шире, чем у высококустистых форм. Кроме того, быстрая скорость появления листьев приводит к снижению кустиности. Отмечена отрицательная корреляция между площадью листовой поверхности и кустиностью у проса, пшеницы, риса и сорго [2, 3]. Высокустистые сорта сорго в годы с обильным количеством осадков имели значительное превосходство по урожайности биомассы, в то время как при недостатке влаги они значительно уступали низкустистым формам. Сильное кушение способствует росту и урожайности культуры в благоприятных условиях, поскольку максимально увеличивается поглощение ресурсов. Однако в неблагоприятных условиях, ограничивающих доступность влаги и питательных веществ, рост растений, происходит обратное – низкая кустиность, уменьшенная площадь листовой поверхности и связанное с этим перераспределение доступной воды могут повысить урожайность [2, 4].

Такое взаимодействие между генотипом и окружающей средой усложняет роль кустиности в адаптации и селекции зерновых, а

выбор лучшего сорта осложняется взаимодействием генотип-среда. Так, у сортов пшеницы и риса полукарликовый тип растения с высокой кустиностью является наиболее урожайным, но только в годы с хорошим увлажнением. И наоборот, одностебельные формы в засушливых условиях могут быть более урожайными, так как меньший размер вегетативной массы снижает потребление воды до начала цветения [5]. Сорта риса с хорошей кустиностью более продуктивны, чем слабокустящиеся формы, особенно в изреженных посевах и неблагоприятных условиях. В оптимальных условиях у кустистых форм нет преимущества по урожайности [6, 7]. У ярового ячменя растения с хорошей кустиностью в изреженных посевах могут значительно повысить продуктивность стеблестоя. В условиях достаточного увлажнения корреляционная зависимость кустиности с продуктивностью составляет 0,77, засушливых – 0,18 [8].

Казалось бы, интенсивное кушение растений увеличивает потенциал урожайности как зеленой массы, так и семян за счет роста количества метелок. Однако не все побеги продолжают расти после появления почек, некоторые прекращают рост до того, как станут плодоносными, и в конечном итоге отмирают [3]. В исследованиях Р. Л. Баумхардт с соавт. (R. L. Baumhardt et al.) [9] количество побегов слабо коррелировало с урожайностью зерна сорго ($r = -0,07$).

Выявлены гормональные факторы, стимулирующие ветвление, и гены, регулирующие транспорт ауксина, которые влияют на рост боковых побегов [1]. Т. Х. Кебром с соавт. (T. H. Kebrom et al.) [10] доказали, что ген кукурузы *tb1*, участвующий в регуляции количества побегов, есть и у сорго. Ф. Луо с соавт. (F. Luo et al.) [11] идентифицировал *sobic.009G164600*, кодирующий белок, как ген-кандидат для регуляции кустиности. Дж. Чен

с соавт. (J. Chen et al.) [12] охарактеризовал мутант гена неспящей пазушной почки *NABI*, который кодирует каротиноид, участвующий в биосинтезе веществ, работающих в пазушных почках и снижающих количество почек.

В целом, физиологические основы кустистости суданской травы и приемы ее регулирования изучены недостаточно, так как это сложный признак, на который оказывают влияние как генотип, так и окружающая среда.

Цель исследований – выявить взаимосвязь кустистости суданской травы и внешних условий выращивания (метеорологические факторы, способы посева), установить влияние кустистости на урожайность, показатели качества зеленой массы и другие хозяйственно ценные признаки.

Научная новизна – изучение показателя кустистости суданской травы на примере новых сортов в различные по увлажнению годы и при разных способах посева.

Материалы и методы. Исследования проводили в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (г. Зерноград Зерноградского района Ростовской области). Предшественник – озимая пшеница. Почва – обыкновенный карбонатный чернозем, содержание гумуса в пахотном слое 3,6 % (по методу Тюрина), обеспеченность подвижными формами фосфора 18,5–20,0 мг/кг и калия 342–360 мг/кг почвы (по методу Мачигина).

Объекты исследований – 4 сорта суданской травы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Александрина, Алиса, Кудесница и ФП) и 8 образцов-источников высокой кустистости (К-447, К-384, Приобская 97, Мечта Поволжья, Пензенская ранняя, К-335, Голубовская, Воронежская).

Сорта Александрина с 2007 г. (патент № 42299 [13]) и Алиса с 2019 г. (патент № 10367 [14]) внесены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию¹.

Сорт Кудесница находится на сортоиспытании с 2023 года, сорт ФП планируется к передаче на ГСИ.

Образцы-источники высокой кустистости выделены при изучении коллекции суданской травы из 200 образцов, представленных ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» и другими учреждениями России.

Опыты выполняли в соответствии с общепринятыми методиками^{2, 3}. Посев проводили в I–II декадах мая широкоярусным способом (междурядье 70 см) селекционной сеялкой «Клён-4,2» с нормой высева 340 тыс. всхожих семян на 1 га и рядовым способом (междурядье 15 см) с нормой высева 1,6 млн всхожих семян на 1 га. Площадь делянки 25 м², повторность четырёхкратная.

Зеленую массу на делянке убирали в фазе «начало выметывания» у 10–15 % растений методом сплошного учета, из которой отбирали пробы на биохимический анализ.

Распределение образцов по кустистости проводили согласно унифицированному классификатору СЭВ видов рода *Sorghum* Moench⁴:

- до 1-го стебля на растении – кустистость отсутствует;
- 1,1–3,0 – слабая;
- 3,1–5,0 – средняя;
- 5,1–7,5 – сильная;
- более 7,5 – очень сильная.

Для анализа использовали самый большой лист, так как он наиболее тесно коррелирует с общей площадью листа у растений. У сорго и кукурузы – это 3-й лист ниже флагового. Площадь листа находили по методу Соломки с соавт.⁵:

$$S = L \cdot (2h_1 + 2h_2 + 3h_3) / 8,$$

где L – длина листа; h₁ – ширина листа у его края; h₂ – ширина середины листа; h₃ – ширина листа у основания.

¹Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию: официальное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. 620 с. URL: <https://gossortrf.ru/publication/reestry.php>

²Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. 194 с.

³Методические указания по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур. Л.: ВИР, 1968. 51 с.

⁴Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum* Moench. Л.: ВИР, 1982. 34 с.

⁵Соломко О. Б., Клочкова О. С., Цветков Г. В. Методика определения площади листьев. Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. [Электронный ресурс].

URL: <https://agrosbornik.ru/innovacii/106-2011-10-09-15-29-31.html> (дата обращения: 23.12.2023).

Содержание сырого протеина определяли методом Кьельдаля (ГОСТ 13496.4-93⁶). Статистический анализ (наблюдения, сводка и группировка данных, абсолютные и относительные величины) полученных данных проведен по Б. А. Доспехову⁷ с использованием компьютерных программ Ms. Excel и Statistica 10.

Метеорологические условия в годы проведения исследований за период «всходы – выметывание» (2018–2024 гг.) были контрастными (табл. 1).

Гидротермический коэффициент (ГТК)⁸ за период «всходы – выметывание» суданской травы свидетельствует об очень сильной засухе в 2024 г., сильной засухе – в 2018 и 2022 гг., средней засушливости – в 2019 г., недостаточной увлажненности – в 2020, 2021 и 2023 гг.

Результаты и обсуждение. Кусти-
стость сортов суданской травы значительно варьировала по годам (табл. 2).

Таблица 1 – Метеорологические условия в период «всходы – выметывание» суданской травы (май – сентябрь 2018–2024 гг.) (по данным метеостанции г. Зернограда) /

Table 1 – Meteorological conditions during the “seedlings – heading” period of Sudan grass (May – September 2018–2024) (according to the weather station of the city of Zernograd)

Год / Year	Средняя температура воздуха, °C / Average air temperature, °C	Сумма активных температур воздуха, °C / Sum of active air temperatures, °C	Сумма осадков, мм / The sum of precipitations, mm	ГТК / HTC
2018	23,7	1372	60,2	0,44
2019	22,8	936	62,9	0,67
2020	22,6	1244	125,0	1,00
2021	22,6	1175	119,0	1,02
2022	21,7	1326	53,2	0,40
2023	21,4	1198	108,0	0,90
2024	25,9	1296	38,1	0,29

**Таблица 2 – Кусти-
стость сортов суданской травы при разных способах посева, стеблей на растение (2018–2024 гг.) /**

Table 2 – Tilling capacity of Sudan grass cultivars by different sowing methods, stems per plant (2018–2024)

Год / Year	Александрина, ст. / ‘Aleksandrina’, st.		Алиса / ‘Alisa’		Кудесница / ‘Kudesnitsa’		ФП / FP		Среднее / Average	
	15 см	70 см	15 см	70 см	15 см	70 см	15 см	70 см	15 см	70 см
2018	2,5	3,5	3,0	3,0	2,5	1,5	2,5	1,5	2,6±0,2	2,4±0,9
2019	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,1±0,2	1,3±0,3
2020	2,0	3,0	2,5	2,5	2,0	3,5	1,5	3,5	2,0±0,4	3,1±0,4
2021	1,0	1,5	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0	3,0	1,3±0,4	2,1±0,5
2022	2,0	2,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,3±0,4	1,3±0,5
2023	1,0	3,0	2,0	2,0	1,0	3,0	2,5	3,0	1,6±0,6	2,8±0,4
2024	1,0	2,0	4,0	4,0	2,5	2,5	1,5	1,0	2,3±1,1	2,4±1,1
Среднее / Average	1,6±0,6	2,4±0,8	2,2±1,1	2,2±1,1	1,6±0,7	2,1±1,0	1,6±0,7	2,1±1,1	1,7±0,5	2,2±0,6

⁶ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М.: Стандартинформ. 2011. 55 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294837/4294837763.pdf>

⁷Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 35 с.

⁸Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы. Под ред. А. А. Исаева. М.: Изд-во геогр. ф-та МГУ, 2005. Т. 2. 412 с.

Установлено, что при широкорядном способе посева кустистость выше и в среднем по сортам составляет 2,2 стебля на растение (при рядовом – 1,7 стебля на растение), что объясняется большей площадью питания – на одно растение при широкорядном посеве приходится в среднем 294 см² почвы, при рядовом – всего 62 см². Это согласуется с исследованиями Т. А. Лафаржа и Г. Л. Хаммера (Т. А. Lafarge, G. L. Hammer) [3], согласно которым увеличение плотности растений в рядах снижает кустистость растений из-за конкуренции между растениями за питательные вещества или освещенность. В исследованиях Р. Л. Баумхардта с соавт. (R. L. Baumhardt et al.) [9] увеличение плотности растений в рядах также уменьшает количество боковых побегов ($r = -0,58$). У сорго в условиях высокой плот-

ности растений вырастает меньше пазушных почек, из которых могут развиваться потенциальные побеги, что можно объяснить чувствительностью сорго к соседним растениям из-за различий в качестве освещения.

В результате изучения корреляционных связей установлено, что кустистость суданской травы при рядовом способе посева не зависела от средней температуры воздуха, количества осадков и ГТК. При широкорядном способе посева выявлена средняя положительная связь с суммой осадков за период «всходы – выметывание» ($r = 0,40 \pm 0,18$ при уровне значимости 0,05). Установлена корреляционная связь кустистости с суммой активных температур за период «всходы – выметывание»: при широкорядном посеве – слабая ($r = 0,26 \pm 0,19$), при рядовом – средняя ($r = 0,39 \pm 0,18$) (рис. 1).

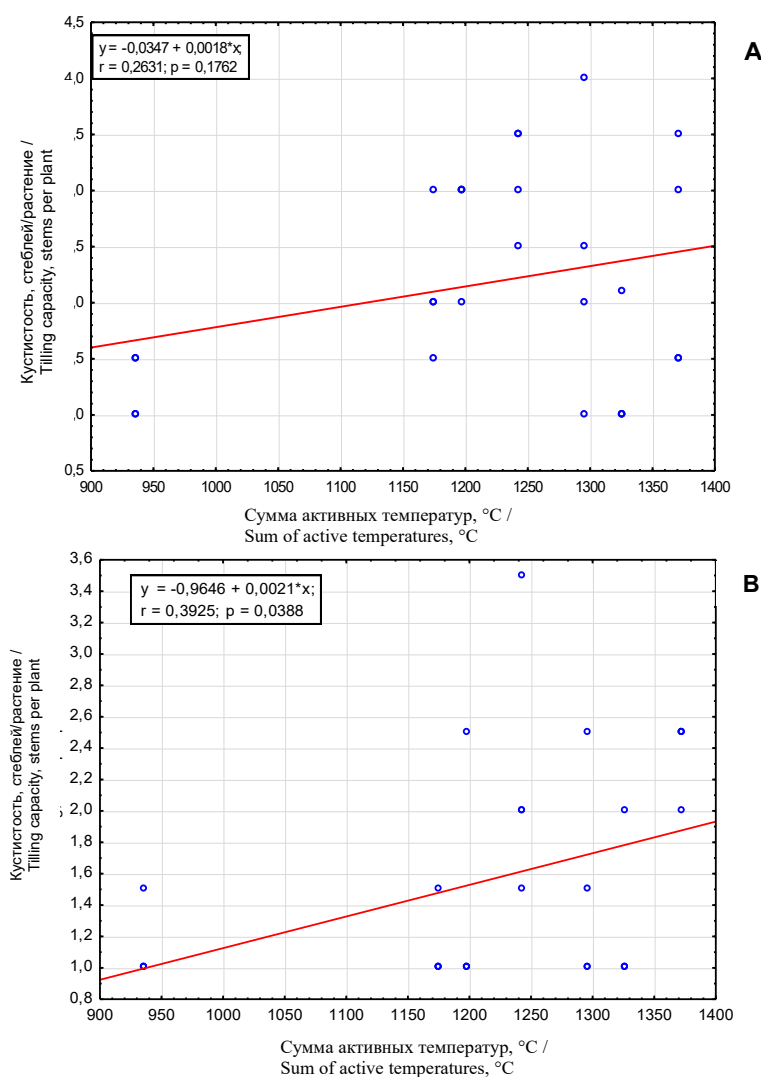


Рис. 1. Связь кустистости сортов суданской травы и суммы активных температур за период «всходы – выметывание» (2018–2024 гг.): А – широкорядный посев; В – рядовой посев /

Fig. 1. Correlation between tillage capacity of the Sudan grass cultivars and the Sum of active air temperatures during the "seedlings – heading" period (2018–2024): А – wide-row sowing; В – row sowing

Согласно ряду работ, кустистость может оказывать значительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур [7, 15]. Однако в наших исследованиях при рядовом

посеве суданской травы взаимосвязи кустистости и урожайности зеленой массы не выявлено, при широкорядном способе отмечена слабая зависимость ($r = 0,28 \pm 0,13$) (рис. 2).

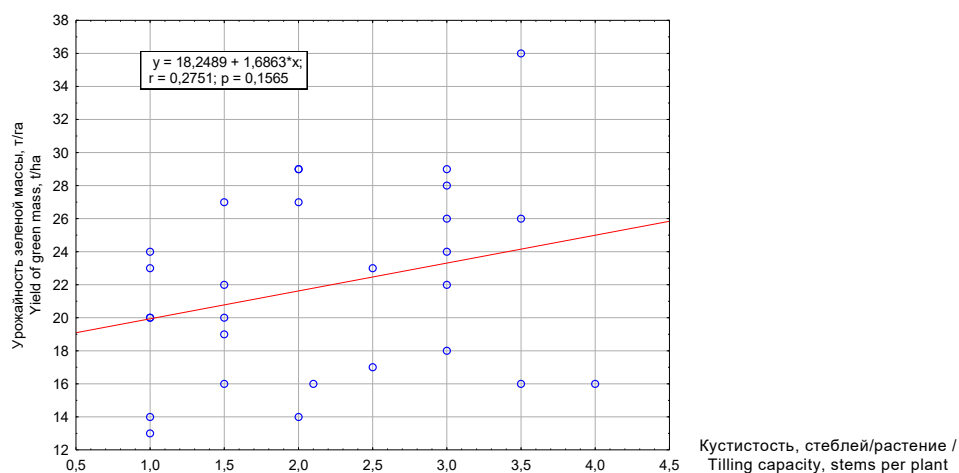


Рис. 2. Зависимость урожайности зеленой массы суданской травы от кустистости при широкорядном посеве (2018–2024 гг.) /

Fig. 2. Correlation between the yield of Sudan green mass and tilling capacity by wide-row sowing (2018–2024)

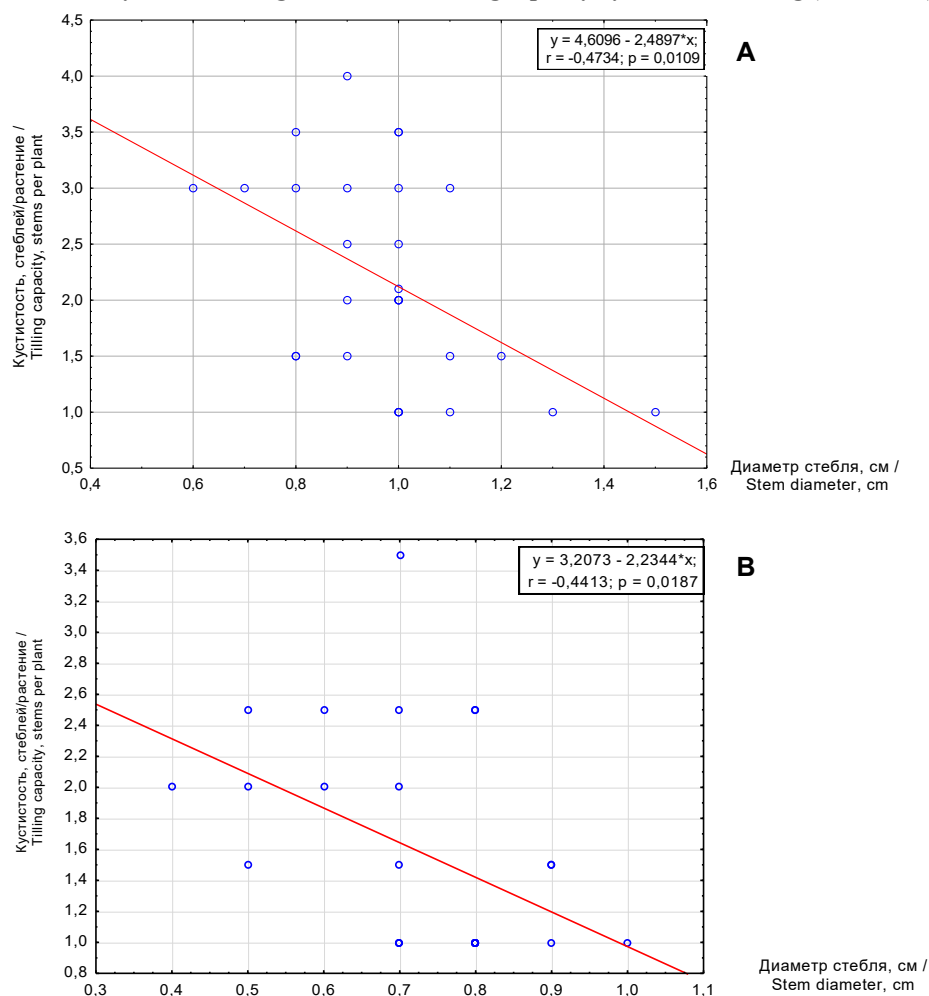


Рис. 3. Взаимосвязь кустистости и диаметра главного стебля суданской травы (2018–2024 гг.): А – широкорядный посев; В – рядовой посев /

Fig. 3. Correlation between tilling capacity and a main stem diameter of Sudan grass (2018–2024): А – wide-row sowing; В – row sowing

Кустистые формы суданской травы обычно скороспелые, тонкостебельные с тонкими длинными листьями и, несмотря на большое количество подгонов на растении, удельный вес стеблей в урожае незначителен [16, 17]. Установлена средняя отрицательная связь между кулистостью и диаметром стебля (рис. 3). При увеличении диаметра главного побега на 1 см кулистость снижается на 2,5 стебля на растение при ширококормном посеве и на 2,2 стебля – при рядовом.

Согласно корреляционному анализу, кулистость имеет слабую отрицательную связь с продолжительностью вегетационного периода ($r = -0,20 \dots 0,26$). С размерами и количеством листьев на растении связи не выявлено.

На семенную продуктивность кулистость не оказала влияния. Обычно на подгонах семена либо значительно мельче, чем на основном стебле, либо не вызревают к моменту уборки семенников, или вообще не формируются.

Считается, что кустистые формы суданской травы позволяют получать тонкостебельное сено, которое отличается высокой питательностью [18]. В наших исследованиях как при ширококормном ($r = 0,52 \pm 0,16$), так и при рядовом ($r = 0,65 \pm 0,15$) способах посева выявлена средняя положительная связь кулистости и содержания протеина в зеленой массе. Увеличение кулистости на 1 стебель сопровождается повышением содержания протеина на 2,0 и 1,5 % соответственно (рис. 4).

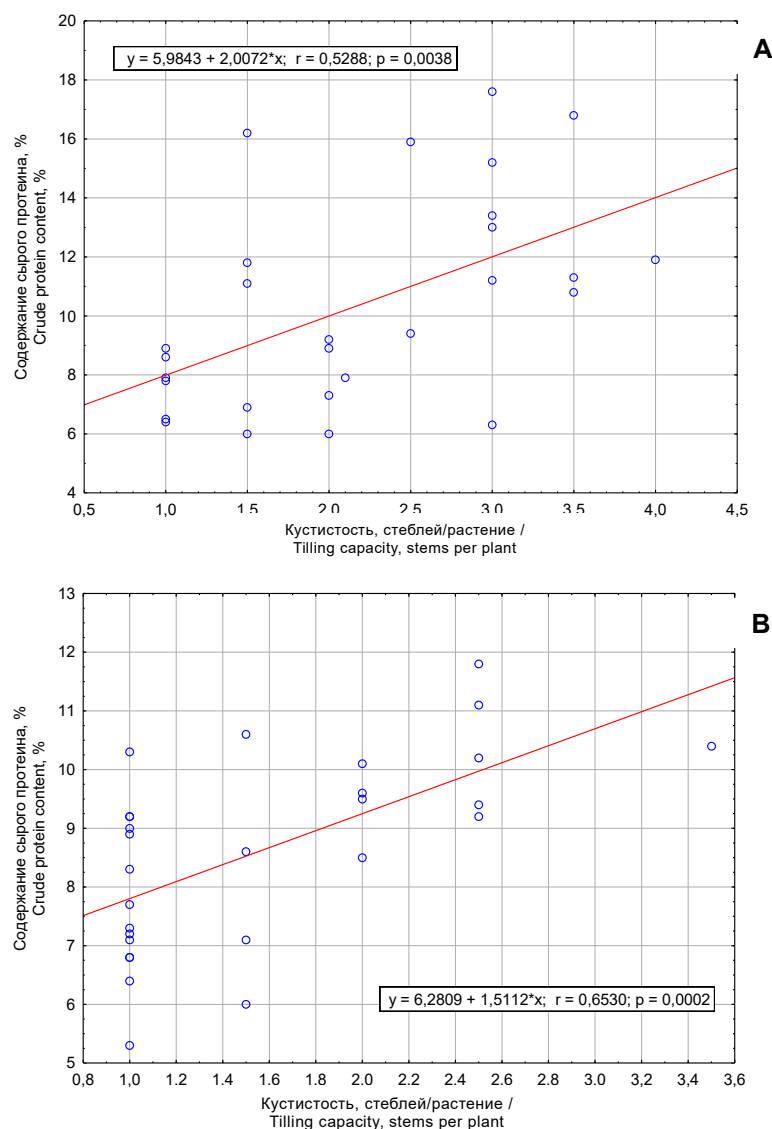


Рис. 4. Взаимосвязь кулистости и содержания сырого протеина в зеленой массе суданской травы (2018–2024 гг.): А – ширококормный посев; В – рядовой посев /

Fig. 4. Correlation between tilling capacity and crude protein content in the green mass of Sudan grass (2018–2024): А – wide-row sowing; В – row sowing

Таблица 3 – Характеристика образцов-источников высокой кустистости суданской травы (широкорядный посев, 2018–2024 гг.) /
Table 3 – Characteristics of source samples of Sudan grass (wide-row sowing, 2018–2024)

Образец, сорт / Sample, cultivar	Кустистость, см./раст. / Tilling capacity, stems per plant	Диаметр стебля, см / Stem diameter, cm	Количество листьев, шт. / Number of leaves, pcs.	Продолжительность периода «всходы- выметывание», дни / Length of the «seedlings- heading» period, days	Площадь 3-го листа, см ² / The 3 rd leaf area, cm ²	Урожайность зеленой массы, т/га / Green mass yield, t/ha	Содержание сырого протеина, % / Crude protein content, %
Александрина, ст. / 'Aleksandrina', st.	2,4	1,0	10	52	180	34	10,4
Пензенская ранняя / 'Penzenskaya rannaya',	5,0	0,4	6	40	71	22	13,5
K-384	5,0	0,6	6	31	45	15	13,6
K-335	5,0	0,7	6	40	70	20	13,9
Мечта Поволжья / 'Mechta Povolzh'ya'	5,5	0,6	5	33	42	16	14,2
Голубовская / 'Golubovskaya'	5,5	0,7	6	41	80	21	12,9
Воронежская / 'Voronezhskaya'	6,5	0,5	6	43	88	22	14,0
K-447	8,5	0,5	6	45	84	25	13,2
Приобская 97 / 'Priobskaya 97'	8,5	0,5	5	40	68	19	14,3
Среднее / Average	5,8±0,8	0,6±0,2	6,2±1,0	40,6±5,0	80,9±40,0	21,6±6,0	13,3±0,8

В ходе исследований из коллекционного питомника выделены образцы-источники высокой кустистости: К-447, К-384, Приобская 97, Мечта Поволжья, Пензенская ранняя, К-335, Голубовская, Воронежская, которые используются в гибридизации для получения новых сортов суданской травы (табл. 3).

Выделенные образцы коллекции отличаются тонкостебельностью, малыми размерами листовой поверхности, скороспелостью и кустистостью 5,0–8,5 стебля на растение. В сравнении со стандартом характеризуются низкой урожайностью зеленой массы 15–25 т/га, содержанием сырого протеина в зеленой массе у этих образцов составляет 12,9–14,3 %, значительно выше стандарта Александрина, что подтверждает зависимость данного показателя от кустистости.

Выводы. 1. В ходе исследований установлено, что кустистость сортов суданской травы в условиях Ростовской области зависела от температурного режима в период формирования зеленой массы («всходы – выметывание»): с суммой активных температур выявлена слабая корреляция при широкорядном посеве ($r = 0,26 \pm 0,19$) и средняя при рядовом ($r = 0,39 \pm 0,18$). При широкорядном способе посева кустистость выше, чем при рядовом.

2. Урожайность зеленой массы зависела от кустистости только при широкорядном посеве ($r = 0,28 \pm 0,19$), влияния на семенную продуктивность не установлено.

3. Установлена средняя отрицательная связь кустистости и диаметра стебля ($r = -0,44 \dots -0,47$). При увеличении диаметра главного побега на 1 см кустистость снижается на 2,5 стебля на растение при широкорядном посеве и на 2,2 стебля – при рядовом.

4. Выявлена средняя положительная связь кустистости и содержания протеина в зеленой массе как при широкорядном ($r = 0,52 \pm 0,16$), так и при рядовом ($r = 0,65 \pm 0,15$) способах посева.

5. У выделенных источников сильной кустистости – 5,0...8,5 стебля на растение (К-447, К-384, Приобская 97, Мечта Поволжья, Пензенская ранняя, К-335, Голубовская, Воронежская) содержание сырого протеина в зеленой массе составило 12,9–14,3 %, что значительно выше стандарта Александрина, что свидетельствует о возможности их использования в качестве источников высокого содержания протеина при селекции суданской травы.

Список литературы

1. Kim H. K., Oosterom E., Dingkuhn M., Luquet D., Hammer G. Regulation of tillering in sorghum: environmental effects. *Annals of Botany*. 2010;106(1):57–67. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcq079>
2. Hammer G., McLean G., Kholova J., Oosterom E. Modelling the dynamics and phenotypic consequences of tiller outgrowth and cessation in sorghum. *Plants*. 2023;5(2):diad019. DOI: <https://doi.org/10.1093/insilicoplants/diad019>
3. Lafarge T. A., Hammer G. L. Tillering in grain sorghum over a wide range of population densities: modelling dynamics of tiller fertility. *Annals of Botany*. 2002;90(1):99–110. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcf153>
4. Larue F., Fumey D., Rouan L., Soulié J. C., Roques S., Beurrier G., Luquet D. Modelling tiller growth and mortality as a sink-driven process using Ecomeristem: implications for biomass sorghum ideotyping. *Annals of Botany*. 2019;124(4):675–690. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcz038>
5. Doust A. Architectural evolution and its implications for domestication in grasses. *Annals of Botany*. 2007;100(5):941–950. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcm040>
6. Редькин А. А. Эффективность отбора на высокую кустистость при различной густоте стояния растений риса. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2010;(64):188–197. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15579313> EDN: NCXZFL
7. Костылев П. И., Редькин А. А., Краснова Е. В. Расщепление гибридов риса по кустистости при различных уровнях азотного питания. *Зерновое хозяйство России*. 2016;(3):50–54. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26642956> EDN: WLASOT
8. Солонечный П. Уровень проявления и корреляция количественных признаков сортов ячменя ярового. *Știința Agricolă*. 2018;(1):23–27. EDN: VNNAXL9. Baumhardt R. L., Tolk J. A., Winter S. R. Seeding Practices and Cultivar Maturity Effects on Simulated Dryland Grain Sorghum Yield. *Agronomy Journal*. 2005;97(3):935–942. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0087>
10. Kebrom T. H., Burson B. L., Finlayson S. A. Phytochrome B represses Teosinte Branched1 expression and induces sorghum axillary bud outgrowth in response to light signals. *Plant Physiol*. 2006;140(3):1109–1117. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.105.074856>
11. Luo F., Pei Z. Y., Zhao X. W., Liu H. F., Jiang Y. W., Sun S. J. Genome-wide association study for plant architecture and bioenergy traits in diverse sorghum and sudangrass germplasm. *Agronomy*. 2020;10(10):1602. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10101602>
12. Chen J., Zhang L. M., Zhu M. J., Han L. J., Lv Y., Liu Y. S., et al. Non-dormant Axillary Bud 1 regulates axillary bud outgrowth in sorghum. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2021;60(10):938–955. DOI: <https://doi.org/10.1111/jipb.12665>
13. Горпиниченко С. И., Гурский Н. Г., Ермолина Г. М., Саламатина А. Н. Суданская трава Александрина: пат. № 3572 Российская Федерация. № 42299: заявл. 10.12.2004. Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektcionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/aleksandrina-sudanskaya-trava/>
14. Горпиниченко С. И., Ермолина Г. М., Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А., Лушпина О. А., Романюкин А. Е., Сарычева Н. И., Сухенко Н. Н., Шишова Е. А. Суданская трава Алиса: пат. № 10367 Российская Федерация. № 70935: заявл. 24.11.2016. Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektcionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/alisa-sudanskaya-trava/>
15. Вертий Н. С., Титаренко А. В., Титаренко Л. П., Козлов А. А. Кустистость как один из элементов продуктивности ячменно-пшеничных гибридов. *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева*. 2015;(1(25)):5–10. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24832591> EDN: UXKSAN
16. Ковтунова Н. А., Шишова Е. А. Продуктивный и питательный потенциал суданской травы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023;24(4):646–655. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.4.646-655> EDN: DJSOEJ
17. Алабушев А. В., Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Романюкин А. Е., Шишова Е. А. Изменчивость и взаимосвязь количественных признаков суданской травы. *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. 2019;(4):10–14. DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/4/10-14> EDN: WNYKRS
18. Шишова Е. А. Качество зеленой массы коллекции суданской травы. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование*. 2017;(2(46)):145–151. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30513909> EDN: ZRTDEV

References

1. Kim H. K., Oosterom E., Dingkuhn M., Luquet D., Hammer G. Regulation of tillering in sorghum: environmental effects. *Annals of Botany*. 2010;106(1):57–67. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcq079>
2. Hammer G., McLean G., Kholova J., Oosterom E. Modelling the dynamics and phenotypic consequences of tiller outgrowth and cessation in sorghum. *Plants*. 2023;5(2):diad019. DOI: <https://doi.org/10.1093/insilicoplants/diad019>
3. Lafarge T. A., Hammer G. L. Tillering in grain sorghum over a wide range of population densities: modelling dynamics of tiller fertility. *Annals of Botany*. 2002;90(1):99–110. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcf153>
4. Larue F., Fumey D., Rouan L., Soulié J. C., Roques S., Beurrier G., Luquet D. Modelling tiller growth and mortality as a sink-driven process using Ecomeristem: implications for biomass sorghum ideotyping. *Annals of Botany*. 2019;124(4):675–690. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcz038>
5. Doust A. Architectural evolution and its implications for domestication in grasses. *Annals of Botany*. 2007;100(5):941–950. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcm040>
6. Redkin A. A. Efficiency of selection on high tillering at various density of planting of rice plants. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2010;(64):188–197. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15579313>
7. Kostylev P. I., Redkin A. A., Krasnova E. V. Splitting of the rice hybrids according to the tillering on the various levels of nitrogen fertilizing. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2016;(3):50–54. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26642956>

8. Solonechnyy P. The level of manifestation and correlation of quantitative characteristics of spring barley cultivars. *Știința Agricolă*. 2018;(1):23–27. (In Moldova)
9. Baumhardt R. L., Tolk J. A., Winter S. R. Seeding Practices and Cultivar Maturity Effects on Simulated Dryland Grain Sorghum Yield. *Agronomy Journal*. 2005;97(3):935–942. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0087>
10. Kebrom T. H., Burson B. L., Finlayson S. A. Phytochrome B represses *Teosinte Branched1* expression and induces sorghum axillary bud outgrowth in response to light signals. *Plant Physiol.* 2006;140(3):1109–1117. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.105.074856>
11. Luo F., Pei Z. Y., Zhao X. W., Liu H. F., Jiang Y. W., Sun S. J. Genome-wide association study for plant architecture and bioenergy traits in diverse sorghum and sudangrass germplasm. *Agronomy*. 2020;10(10):1602. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10101602>
12. Chen J., Zhang L. M., Zhu M. J., Han L. J., Lv Y., Liu Y. S., et al. Non-dormant Axillary Bud 1 regulates axillary bud outgrowth in sorghum. *Journal of Integrative Plant Biology*. 2021;60(10):938–955. DOI: <https://doi.org/10.1111/jipb.12665>
13. Gorpichenko S. I., Gurskiy N. G., Ermolina G. M., Salamatina A. N. Sudan grass 'Alexandrina': patent RF no. 3572. 2004. URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/aleksandrina-sudanskaya-trava/>
14. Gorpichenko S. I., Ermolina G. M., Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Lushpina O. A., Romanyukin A. E., Sarycheva N. I., Sukhenko N. N., Shishova E. A. Sudanese grass Alice: patent RF no. 10367. 2016. URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/alisa-sudanskaya-trava/>
15. Vertiy N. S., Titarenko A. V., Titarenko L. P., Kozlov A. A. Tilling capacity as an element of barley-wheat hybrids. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva* = Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev. 2015;(1(25)):5–10. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24832591>
16. Kovtunova N. A., Shishova E. A. Productive and nutritional potential of Sudan grass. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(4):646–655. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.4.646-655>
17. Alabushev A. V., Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Romanyukin A. E., Shishova E. A. Variability and correlation of quantitative characters of the sudan grass. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Vestnik of the Russian agricultural science. 2019;(4):10–14. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/4/10-14>
18. Shishova E. A. Quality of the green mass of the sudan herbs. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*. 2017;(2(46)):145–151. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30513909>

Сведения об авторах

✉ **Ковтунова Наталья Александровна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный городок 3, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0409-5855>, e-mail: n-beseda@mail.ru

Ковтунов Владимир Викторович, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный городок 3, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru; ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», пл. Гагарина, д. 1, г. Ростов-на-Дону, Ростовская область, Российская Федерация, 344000, e-mail: reception@donstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7510-7705>

Шишова Елена Александровна, кандидат с.-х. наук, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный городок 3, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7406-6622>

Романюкин Александр Егорович, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный городок 3, г. Зерноград, Ростовская область, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4349-8489>

Information about the authors

✉ **Natalia A. Kovtunova**, PhD in Agricultural Science, leading researcher, Agricultural Research Center «Donskoy», Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Rostov region, Russian Federation, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0409-5855>, e-mail: n-beseda@mail.ru

Vladimir V. Kovtunov, DSc in Agricultural Science, leading researcher, Agricultural Research Center «Donskoy», Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Rostov region, Russian Federation, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru; Don State Technical University, Gagarin pl., zd. 1, Rostov-on-Don, Rostov region, Russian Federation, 344003, e-mail: reception@donstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7510-7705>

Elena A. Shishova, PhD in Agricultural Science, junior researcher, Agricultural Research Center «Donskoy», Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Rostov region, Russian Federation, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7406-6622>

Aleksandr E. Romanyukin, PhD in Agricultural Science, researcher, Agricultural Research Center «Donskoy», Nauchny Gorodok, 3, Zernograd, Rostov region, Russian Federation, 347740, e-mail: vnizk30@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4349-8489>

✉ – Для контактов / Corresponding author