



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-10-5>

УДК: 631.83:631.46

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ СОРГОВЫХ КУЛЬТУР В ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

✉ Тимохин А.Ю., Бойко В.С., Нижельский Т.Н.

Омский аграрный научный центр

Омск, Россия

✉ e-mail: timokhin@anc55.ru

Представлены результаты изучения продуктивности сорговых культур в различных условиях минерального питания на лугово-черноземной почве южной лесостепи Западной Сибири. Исследование проводили в 2019–2022 гг. в Омской области в рамках длительного стационарного полевого опыта. Почва опытного участка лугово-черноземная среднесиловатая тяжелосуглинистая. Пахотный горизонт характеризуется нейтральной реакцией почвенного раствора (рН 7,0–7,2). Схема опыта двухфакторная, включает применение азотных ($N_{0,30,60}$) и фосфорных ($P_{0,60}$) минеральных удобрений до посева сорговых культур. Динамика содержания влаги в метровом профиле почвы тесно связана с гидротермическими условиями вегетационных периодов. В наиболее благоприятный по увлажнению 2019 г. почвенный профиль имел более стабильное и равномерное увлажнение, особенно во втором полуметре. Последующие годы дефицит атмосферного увлажнения ярко проявился в содержании общей влаги как по профилю почвы, так и во времени. Иссущение метрового профиля даже в начальный период вегетации наблюдалось в 2022 г., что можно считать результатом низкого остаточного количества влаги в предшествующий, тоже засушливый, сезон. В контроле минеральное питание было ограничено невысоким содержанием подвижного фосфора. Исследования показали, что в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения, характерного для юга Западной Сибири, в полевом кормопроизводстве целесообразно возделывание сорговых культур, обладающих высокой отзывчивостью на применение минеральных удобрений. В среднем за два года максимальная урожайность зеленой массы сорго сахарного на интенсивном фоне составила 21,07 т/га, сорго-суданкового гибрида – 16,62 т/га, что выше контроля на 47,2 и 62,7% соответственно. Наиболее эффективным оказалось комплексное применение минеральных удобрений, которое обеспечило увеличение содержания сухого вещества у сорго сахарного от 3,97 до 6,08 т/га (53,0%), сорго-суданкового гибрида – от 2,81 до 4,73 т/га (68,3%).

Ключевые слова: лугово-черноземная почва, сорго, сорго-суданковый гибрид, биомасса, продуктивность

EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON SORGHUM CROP YIELDS IN THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

✉ Timokhin A.Yu., Boiko V.S., Nizhelsky T.N.

Omsk Agrarian Scientific Center

Omsk, Russia

✉ e-mail: timokhin@anc55.ru

The results of studying the productivity of sorghum crops under different conditions of mineral nutrition on meadow-chnozem soil of the southern forest-steppe of Western Siberia are presented. The study was conducted in 2019–2022 in the Omsk region as part of a long-term stationary field ex-

periment. The soil of the experimental plot is meadow-chnozem moderately deep heavy loamy soil. The arable horizon is characterized by neutral reaction of the soil solution (pH 7.0–7.2). The scheme of the experiment is two-factor, includes application of nitrogen ($N_{0, 30, 60}$) and phosphorus ($P_{0, 60}$) mineral fertilizers before sowing sorghum crops. The dynamics of moisture content in the meter soil profile is closely related to the hydrothermal conditions of vegetation periods. In the most wetted year of 2019, the soil profile had a more stable and uniform moisture content, especially in the second half meter. In subsequent years, the atmospheric moisture deficit was clearly manifested in the content of total moisture both along the soil profile and in time. Drying out of the meter profile even in the initial growing season was observed in 2022, which can be considered as a result of low residual moisture in the preceding, also dry, season. In the control, mineral nutrition was limited by the low content of mobile phosphorus. The studies have shown that in conditions of insufficient and unstable moisture, typical for the south of Western Siberia, it is advisable to cultivate sorghum crops with high responsiveness to the use of mineral fertilizers in field fodder production. In the average of two years, the maximum yield of green mass of sugar sorghum on intensive background was 21.07 t/ha, sorghum-sudangrass hybrid – 16.62 t/ha, which is higher than the control by 47.2 and 62.7%, respectively. The most effective was the complex application of mineral fertilizers, which provided an increase in dry matter content of sugar sorghum from 3.97 to 6.08 t/ha (53.0%), sorghum-sudangrass hybrid – from 2.81 to 4.73 t/ha (68.3%).

Keywords: meadow-chnozem soil, sorghum, sorghum-sudangrass hybrid, biomass, productivity

Для цитирования: Тимохин А.Ю., Бойко В.С., Нижельский Т.Н. Влияние минеральных удобрений на урожайность сорговых культур в южной лесостепи Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 10. С. 43–51. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-10-5>

For citation: Timokhin A.Yu., Boiko V.S., Nizhelsky T.N. Effect of mineral fertilizers on sorghum crop yields in the southern forest-steppe of Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 10, pp. 43–51. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-10-5>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Продуктивность поголовья, реализация его генетического потенциала зависят от состояния кормовой базы [1, 2]. Объемистые корма (силос, сенаж) являются основным элементом кормовой базы, именно они на 70,0% обуславливают эффективность рубцового пищеварения, влияя тем самым на уровень продуктивности животных [3]. Одна из важных задач животноводства – обеспечение скота полноценными и сбалансированными по сахаропротеиновому соотношению кормами в летний и зимний стойловый периоды [4, 5]. Использование силоса из сорговых культур в смеси с зернобобовыми позволяет повысить усвояемость корма, увеличить среднесуточный прирост живой массы животных [6].

Основным лимитирующим фактором полевого кормопроизводства считается климат,

изменение которого может снижать урожай даже высокопродуктивных кормовых культур [7, 8]. В условиях южной лесостепной зоны Западной Сибири климат резко континентальный с высокой температурой воздуха и неравномерным выпадением осадков в летний период [9]. Такие особенности климата с учетом тенденции к его дальнейшему изменению в сторону нарастания экстремальных погодных явлений заставляют вести подбор сельскохозяйственных культур, способных адаптироваться к различным условиям среды и обеспечивающим высокие урожаи.

Применение в системе полевого кормопроизводства засухоустойчивых культур, таких как сахарное и травянистое сорго, сорго-суданковые гибриды, обеспечивает высокую продуктивность фитомассы, в том числе в засушливые годы [10, 11]. Сорго отличается от других кормовых культур пластичностью

и неприхотливостью к условиям произрастания, положительно реагирует на оптимизацию минерального питания и влагообеспеченности [12, 13].

Адаптивные сорта и гибриды позволяют более эффективно использовать биологический и генетический потенциал культуры, обеспечивая высокую продуктивность надземной биомассы, которая определяется облиственностью и параметрами листовой поверхности, интенсивностью отрастания и устойчивостью к абиотическим и биотическим факторам [14].

Цель исследования – изучить урожайность зеленой массы и сухого вещества сорговых культур при моделировании различных условий минерального питания лугово-черноземной почвы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проводили в 2019–2022 гг. в южной лесостепи Западной Сибири (Омская область) в рамках длительных стационарных полевых опытов на базе лаборатории полевого кормопроизводства Омского аграрного научного центра.

Объект исследования – сорго сахарное и сорго-суданковый гибрид, произрастающий на лугово-черноземной почве.

Почва опытного участка лугово-черноземная среднемошная тяжелосуглинистая. Мощность гумусового горизонта 45 см. Пахотный горизонт характеризуется нейтральной реакцией почвенного раствора (рН 7,0–7,2). Глубина залегания грунтовых вод, определенная по двум наблюдательным скважинам, составила 3,5 м.

Схема опыта двухфакторная, включает применение азотных и фосфорных минеральных удобрений до посева сорговых культур (см. табл. 1). Аммофос (P₆₀) и аммиачную селитру (N₃₀) вносили локально сеялкой СЗП-3,6. Посев проводили в III декаде мая. Норма высева – 1 млн всхожих зерен/га. Размер делянки 360 м², повторность трехкратная, размещение делянок систематическое.

В опыте в качестве изучаемых культур использовали: в 2019 и 2020 гг. – сорго са-

харное (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), сорт Галия, в 2021 и 2022 гг. – сорго-суданковый гибрид (*Sorghum xdrummondii* (Steud.) Millsp. & Chase), сорт Навигатор селекции Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра.

Особенностью климата Омской области являются резкая континентальность, недостаток осадков, сухость воздуха, холодная и продолжительная зима, жаркое лето. Вегетационные периоды в годы исследований характеризовались различной тепло- и влагообеспеченностью (см. табл. 2). Так, в 2019 г. выпало наибольшее количество осадков, сумма которых за вегетацию составила 239 мм. При этом в начальный период вегетации (май и июнь) отмечалось равномерное поступление тепла и влаги (104,0–165,0% от нормы). В 2020 г. сумма осадков составила 173 мм. В мае наблюдали недобор осадков (56,0%) и повышенную температуру воздуха (4,9 °С). Июнь был относительно благоприятным по объему тепла и влаги. Июль характеризовался жаркой и сухой погодой. Август и сентябрь были сбалансированы по обеспеченности теплом и влагой.

Май 2021 г. оказался засушливым. Июнь был холоднее нормы, отличался дефицитом осадков (86,0%). Июль и август выдались теплее обычного на 1,3 и 2,1 °С. Обеспеченность осадками в указанные месяцы составила 51,0 и 76,0% соответственно. В сентябре отмечалась прохладная погода при количестве осадков, близком к среднегодовому значению. Сумма осадков за вегетационный период достигла 168 мм.

Табл. 1. Схема полевого опыта
Table 1. Scheme of the field experiment

Удобрение	Вариант
Фосфорное (фактор А)	Без удобрений (P ₀), контроль
	С внесением P ₆₀
Азотное (фактор В)	Без удобрений (N ₀), контроль
	С внесением N ₃₀
	С внесением N ₆₀

Табл. 2. Среднемесячная температура воздуха и месячная сумма осадков в разные вегетационные периоды**Table 2.** Average monthly air temperature and monthly sum of precipitation in different vegetation periods

Месяц	2019 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.	
	Температура, °С	Количество осадков, мм	Температура, °С	Количество осадков, мм	Температура, °С	Количество осадков, мм	Температура, °С	Количество осадков, мм
Май	12,2	37	13,0	13	17,3	13	15,3	11
Июнь	15,5	85	18,0	45	16,9	45	17,3	53
Июль	20,5	29	19,4	33	20,6	33	19,9	116
Август	17,9	40	17,0	42	19,1	42	16,8	37
Сентябрь	10,8	48	11,5	40	9,5	35	11,2	39
Сумма	—	239	—	173	—	168	—	256

Примечание. Составлено на основе данных Обь-Иртышского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

В 2022 г. суммарное поступление влаги за май – сентябрь оказалось наиболее высоким (256 мм) по сравнению с предшествующим периодом. При этом основное количество осадков (более 90 мм) выпало 28 и 29 июля. В начальный период вегетации сорговых культур отмечались жесткие условия произрастания. Май и практически весь июнь были сухими и жаркими. Аналогичные условия наблюдались в I и II декадах июля. В августе и сентябре температура воздуха была близка к среднегодовому значению, составив 65,0 и 133,0% от нормы соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Засушливые условия представляют серьезную угрозу для сельскохозяйственного производства, отрицательно влияя на все стадии роста растений (особенно на ранние фазы развития) [15]. Соотношение воды в растениях во многом определяется содержанием доступной влаги в почве, что напрямую сказывается на проводимости устьиц, площади листьев, ассимиляции CO_2 , поглощении света и фотосинтезе [16].

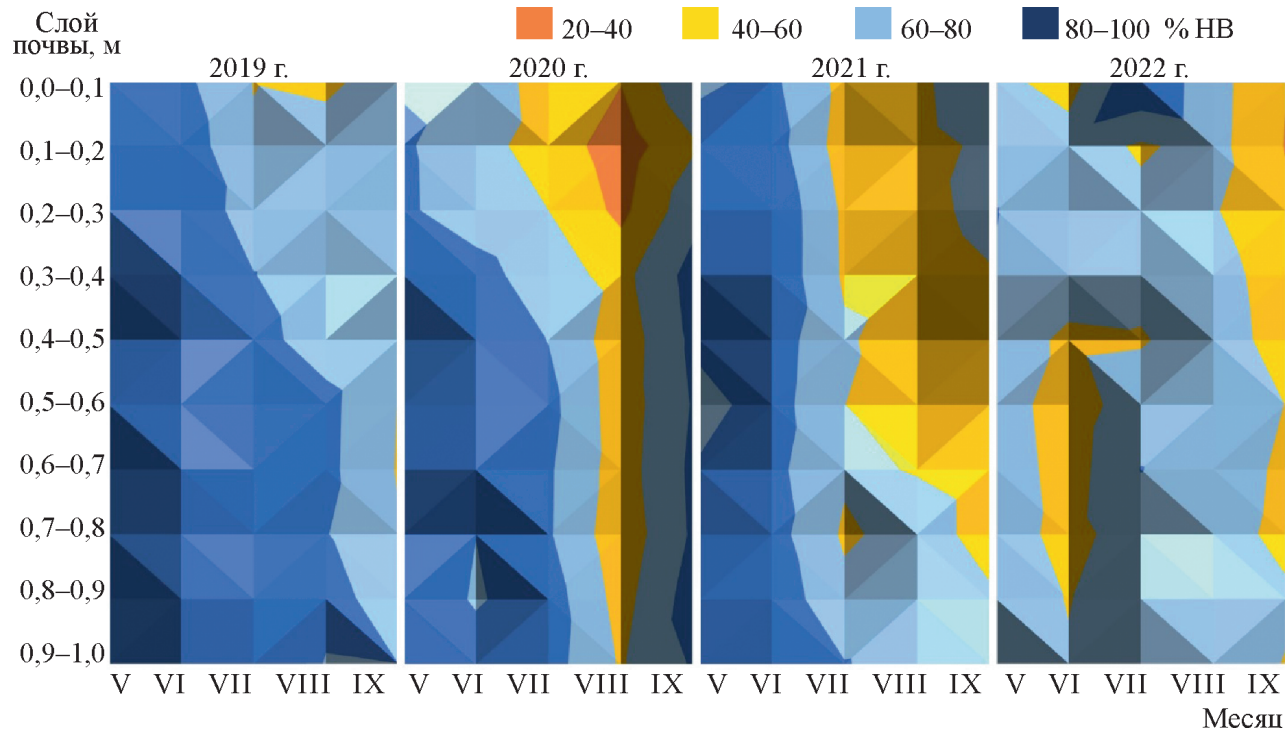
Содержание общей влаги в почве определяется количеством тепла и влаги в течение вегетационного периода. Динамика содержания общей влаги в почве за годы исследования представлена на рисунке. Так, в 2019 г., наиболее благоприятном по увлажнению, почвенный профиль имел более стабильное и равномерное увлажнение, особенно во

втором полуметре. В последующие годы дефицит атмосферного увлажнения ярко проявился в содержании общей влаги как по профилю почвы, так и во времени. Иссущение метрового профиля даже в начальный период вегетации отмечено в 2022 г. как следствие низкого остаточного количества влаги в предшествующий, тоже засушливый, сезон.

Исходное содержание нитратного азота в пахотном слое (0,0–0,2 м) перед посевом сорго сахарного после сои было низким (13,7 мг/кг), подвижного фосфора – средним (77,5 мг/кг), обменного калия – очень высоким (195,1 мг/кг). После уборки остаточное количество нитратного азота было высоким независимо от агрофона, что является следствием нестабильного увлажнения в вегетационный период и неполного использования макроэлементов культурой (см. табл. 3). По фосфору очевидна сложившаяся ранее дифференциация с высоким содержанием подвижного элемента при систематическом внесении под культуры севооборота фосфорсодержащих удобрений.

Перед посевом сорго-суданкового гибрида после кормовых бобов обеспеченность нитратным азотом оценивалась как высокая – 29,6 мг/кг. Содержание подвижного фосфора и обменного калия было средним и очень высоким соответственно.

После уборки сорго-суданкового гибрида количество нитратного азота снизилось, что свидетельствует о более высоком выносе его



Содержание общей влаги (% от наименьшей влагоемкости) в различных слоях лугово-черноземной почвы в период вегетации
Total moisture content (% of the minimum water capacity) in different layers of meadow-chernozem soil during the growing season

урожаем культуры. Концентрация подвижного фосфора на контроле была средней, в удобренном варианте – повышенной, что также является результатом положительного баланса фосфора в удобренных вариантах севооборота. Содержание подвижного калия было преимущественно высоким, что характерно для данной почвы.

В таких условиях сорго сахарное положительно реагировало на оптимизацию условий минерального питания. Предпосевное внесе-

ние фосфорных удобрений обеспечило рост урожайности на 1,25 т/га (27,7%) в среднем по фактору А. Предпосевное внесение азотных удобрений увеличило содержание сухого вещества на 0,63–0,99 т/га (13,7–21,6%) по сравнению с контролем (см. табл. 4).

Наиболее эффективным оказалось комплексное применение минеральных удобрений в посевах сорго, обеспечившее увеличение урожайности на 3,97–6,08 т/га (53,0%). Сорго-суданковый гибрид тоже положитель-

Табл. 3. Содержание элементов минерального питания в пахотном слое почвы, мг/кг
Table 3. Content of mineral nutrition elements in the arable soil layer, mg/kg

Вариант	До посева			После уборки		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>Сорго сахарное (среднее за 2019 и 2020 гг.)</i>						
Без удобрений				22,0	95,0	193,4
N ₆₀ P ₆₀	13,7	77,5	195,1	17,6	162,5	125,1
<i>Сорго-суданковый гибрид (среднее за 2021 и 2022 гг.)</i>						
Без удобрений				10,2	68,4	163,5
N ₆₀ P ₆₀	29,6	95,6	204,8	15,3	147,4	172,1

Табл. 4. Урожайность сорго в зависимости от изучаемых факторов, т сух. в-ва/га**Table 4.** Sorghum yield depending on the studied factors, t/ha of dry matter

Удобрения		Год		Среднее	Прибавка к контролю	
фосфорные (фактор А)	азотные (фактор В)	2019	2020		т/га	%
Р ₀	N ₀ (контроль)	2,34	5,61	3,97	—	—
	N ₃₀	2,70	7,66	5,18	1,21	30,4
	N ₆₀	2,64	6,09	4,36	0,39	9,8
	Среднее	2,56	6,45	4,51	—	—
Р ₆₀	N ₀	3,88	6,54	5,21	1,23	31,1
	N ₃₀	3,92	8,04	5,98	2,01	50,6
	N ₆₀	3,70	8,46	6,08	2,11	53,0
	Среднее	3,83	7,68	5,76	1,25	27,7
Среднее по фону	N ₀	3,11	6,07	4,59	—	—
	N ₃₀	3,31	7,85	5,58	0,99	21,6
	N ₆₀	3,17	7,28	5,22	0,63	13,7
	Среднее	3,20	7,07	5,13	—	—
НСР ₀₅ для фактора А		0,52	0,79	0,66	—	—
НСР ₀₅ для фактора В		0,64	0,97	0,81	—	—
НСР ₀₅ для частных различий		0,90	1,38	1,14	—	—

Табл. 5. Урожайность сорго-суданкового гибрида в зависимости от изучаемых факторов, т сух. в-ва/га**Table 5.** Yield of sorghum-sudangrass hybrid depending on the studied factors, t/ha of dry matter

Удобрения		Год		Среднее	Прибавка к контролю	
фосфорные (фактор А)	азотные (фактор В)	2021	2022		т/га	%
Р ₀	N ₀ (контроль)	2,78	2,84	2,81	—	—
	N ₃₀	3,12	4,17	3,65	0,84	30,0
	N ₆₀	4,28	3,19	3,73	0,93	33,1
	Среднее	3,39	3,40	3,40	—	—
Р ₆₀	N ₀	3,60	3,11	3,36	0,55	19,6
	N ₃₀	5,48	3,08	4,28	1,47	52,5
	N ₆₀	5,59	3,86	4,73	1,92	68,4
	Среднее	4,89	3,35	4,12	0,72	21,3
Среднее по фону	N ₀	3,19	2,97	3,08	—	—
	N ₃₀	4,30	3,63	3,97	0,88	28,7
	N ₆₀	4,93	3,53	4,23	1,15	37,3
	Среднее	4,14	3,38	3,76	—	—
НСР ₀₅ для фактора А		1,57	0,68	1,13	—	—
НСР ₀₅ для фактора В		1,92	0,84	1,38	—	—
НСР ₀₅ для частных различий		2,72	1,19	1,96	—	—

но реагировал на улучшение условий минерального питания. Так, применение P_{60} позволило повысить урожайность на 0,72 т/га (21,3%) в среднем по фактору А (см. табл. 5). Положительное влияние азотных удобрений отмечено благодаря увеличению содержания сухого вещества от 3,08 до 3,97–4,23 т/га (28,7–37,3%). Сочетание изучаемых факторов увеличило урожайность от 2,81 до 4,73 т сух. в-ва/га (68,3%).

Укрепление кормовой базы связано с ростом урожайности кормовых культур. В наших полевых опытах максимальная урожайность зеленой массы сорго сахарного на интенсивном фоне составила 21,07 т/га, сорго-суданкового гибрида – 16,62 т/га, что выше контроля на 47,2 и 62,7% соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования установлено, что сорговые культуры хорошо адаптируются к разным условиям произрастания, в связи с чем пригодны к использованию в полевом кормопроизводстве при недостаточном и неустойчивом увлажнении, характерном для юга Западной Сибири. Выявлена высокая отзывчивость сорговых культур на применение минеральных удобрений. Невысокая затратность агротехнологии данной культуры обусловлена небольшой нормой высева (20 кг/га) и хорошей устойчивостью к болезням.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кашеваров Н.И., Садохина Т.А., Бахшаев Д.Ю.* Конкурентная способность компонентов в смешанных агроценозах зернофуражных культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 42–50. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-1-5.
2. *Седукова Г.В., Кристова Н.В., Подоляк С.Л.* Питательная ценность зеленой массы сорго сахарного, сорго-суданкового гибрида, суданской травы в юго-восточной части Беларуси // Земледелие и селекция в Беларуси. 2022. № 58. С. 249–255.
3. *Бойко В.С., Тимохин А.Ю.* Возделывание проса в смеси с рапсом на корм в южной лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2021. № 1. С. 31–36. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10108.
4. *Бахарева Н.В., Гусев В.В., Халикова М.М., Храмов А.В., Ескова В.С., Мустафина Т.Ш., Дустанов И.В.* Новые сорта и гибриды травянистого сорго и их хозяйственно полезные признаки // Успехи современного естествознания. 2023. № 1. С. 7–12. DOI: 10.17513/use.37977.
5. *Ефремова Е.Н., Беляев А.И., Петров Н.Ю.* Влияние агротехнических приемов на накопление сахаров в стеблях сахарного сорго в условиях Нижнего Поволжья // Новые технологии. 2023. Т. 19. № 1. С. 91–102. DOI: 10.47370/2072-0920-2023-19-1-91-102.
6. *Косарева Н.А., Чаунина Е.А., Новикова Н.Н.* Влияние силоса, консервированного биодобавкой, на рост и развитие молодняка крупного рогатого скота // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2022. № 10 (187). С. 117–122. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-10-117-122.
7. *Дуборезов И.В., Косолапов А.В., Дуборезов В.М.* Урожайность и питательность вегетативной массы силосных культур // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 3. С. 14–18. DOI: 10.31857/S2500262722030036.
8. *Косолапов В.М., Чернявских В.И., Костенко С.И.* Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. № 4. С. 401–407. DOI: 10.18699/VJ21.044.
9. *Харьюткина Е.В., Логинов С.В., Морару Е.И., Пустовалов К.Н., Мартынова Ю.В.* Динамика характеристик экстремальности климата и тенденции опасных метеорологических явлений на территории Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2022. № 2. С. 136–142. DOI: 10.15372/AOO20220208.
10. *Капустин С.И., Володин А.Б., Капустин А.С.* Гетерозисная селекция гибридов сорго и суданской травы // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 3 (31). С. 75–83.
11. *Ерохина А.В., Сазонова И.А., Черных Т.Н.* Зависимость качества брожения от применения биоконсервантов при силосовании кукурузы и сахарного сорго // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 63–65. DOI: 10.28983/asj.y2022i3pp63-65.
12. *Романюкин А.Е., Ковтунова Н.А., Шуришин В.А., Ермолина Г.М.* Изменчивость основных элементов продуктивности сахарного сорго // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 3. С. 69–75. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-69-76.
13. *Нафиков М.М., Нигматзянов А.Р., Смирнов С.Г.* Влияние сроков посева и доз удобрений на засоренность и урожайность сахарного

- сорго // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1 (57). С. 54–58. DOI: 10.18286/1816-4501-2022-1-54-58.
14. Кибальник О.П., Ларина Т.В., Бычкова В.В., Семин Д.С., Ефремова И.Г. Исходный материал в селекции сахарного сорго при использовании на кормовые цели // Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 1 (21). DOI: 10.23649/jae.2022.1.21.13.
15. Vennam R.R., Ramamoorthy P., Poudel S., Reddy K.R., Henry W.B., Bheemanahalli R. Developing Functional Relationships between Soil Moisture Content and Corn Early-Season Physiology, Growth, and Development // Plants. 2023. N 12. P. 2471. DOI: 10.3390/plants12132471.
16. Yan W., Zhong Y., Shangguan Z. A meta-analysis of leaf gas exchange and water status responses to drought // Scientific Reports. 2016. Vol. 6. N 1. P. 20917. DOI: 10.1038/srep20917.
1. Kashevarov N.I., Sadokhina T.A., Bakshaev D.Yu. Competitive ability of components in mixed agrocenoses of fodder grain crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1, pp. 42–50. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2021-1-5.
2. Sedukova G.V., Kristova N.V., Podolyak S.L. Nutritional value of green mass of sweet sorghum, sorghum-sudangrass hybrid and sudan grass in the south-eastern part of Belarus. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi = Arable Farming and Plant Breeding in Belarus*, 2022, no. 58, pp. 249–255. (In Russian).
3. Boiko V.S., Timokhin A.Yu. Cultivation of millet mixed with rapeseed for forage in the southern forest-steppe of Western Siberia. *Zemledelie = Zemledelie*, 2021, no. 1, pp. 31–36. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10108.
4. Bakhareva N.V., Gusev V.V., Khalikova M.M., Khramov A.V., Eskova V.S., Mustafina T.S., Dustanov I.V. New varieties and hybrids of herbaceous sorghum and their economically useful signs. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in current natural sciences*, 2023, no. 1, pp. 7–12. (In Russian). DOI: 10.17513/use.37977.
5. Efremova E.N., Belyaev A.I., Petrov N.Yu. The influence of agrotechnical techniques on the accumulation of sugars in the stems of sugar sorghum in the conditions of the Lower Volga Region. *Novye tekhnologii = New Technologies*, 2023, vol. 19, no. 1, pp. 91–102. (In Russian). DOI: 10.47370/2072-0920-2023-19-1-91-102.
6. Kosareva N.A., Chaunina E.A., Novikova N.N. Influence of silage preserved with a bio supplement on the young cattle growth and development. *Vestnik KrasGAU = Bulliten KrasSAU*, 2022, no. 10 (187), pp. 117–122. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-10-117-122.
7. Duborezov I.V., Kosolapov A.V., Duborezov V.M. Yield and vegetative mass nutrition of silage crops. *Rossiyskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka = Russian Agricultural Sciences*, 2022, no. 3, pp. 14–18. (In Russian). DOI: 10.31857/S2500262722030036.
8. Kosolapov V.M., Cherniavskii V.I., Kostenko S.I. Fundamentals for forage crop breeding and seed production in Russia. *Vavilovskiy Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2021, no. 4, pp. 401–407. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ21.044.
9. Kharyutkina E.V., Loginov S.V., Moraru E.I., Pustovalov K.N., Martynova Yu.V. Dynamics of Extreme Climatic Characteristics and Trends of Dangerous Meteorological Phenomena over the Territory of Western Siberia. *Optika atmosfery i okeana = Atmospheric and Oceanic Optics*, 2022, no. 2, pp. 136–142. (In Russian). DOI: 10.15372/AOO20220209.
10. Kapustin S.I., Volodin A.B., Kapustin A.S. Heterosis breeding of sorghum-sudan grass hybrids. *Tavrisheskiy vestnik agrarnoy nauki = Taurida Herald of the Agrarian Sciences*, 2022, no. 3 (31), pp. 75–83. (In Russian).
11. Erokhina A.V., Sazonova I.A., Chernykh T.N. Influence of bio-preservatives in the process of silage of corn and sugar sorgho on fermentation quality. *Agrarniy nauchnyi zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2022, no. 3, pp. 63–65. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2022i3pp63-65.
12. Romanyukin A.E., Kovtunova N.A., Shurshalin V.A., Ermolina G.M. Variability of the main elements of sweet sorghum productivity. *Zernovoe khozyaistvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2022, vol. 14, no. 3, pp. 69–75. (In Russian). DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-69-76.
13. Nafikov M.M., Nigmatzyanov A.R., Smirnov S.G. Influence of sowing time and fertilizer dosage on weediness and yield of sweet sorghum. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'sko-*

khozyaistvennoy akademii = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy, 2022, no. 1 (57), pp. 54–58. (In Russian). DOI: 10.18286/1816-4501-2022-1-54-58.

14. Kibalnik O.P., Larina T.V., Bychkova V.V., Semin D.S., Efremova I.G. Source material in the selection of sorghum *saccaratum* when used for feed purposes. *Journal of Agriculture and Environment*, 2022, no. 1 (21). (In Russian). DOI: 10.23649/jae.2022.1.21.13.

15. Vennam R.R., Ramamoorthy P., Poudel S., Reddy K.R., Henry W.B., Bheemanahalli R. Developing Functional Relationships between Soil Moisture Content and Corn Early-Season Physiology, Growth, and Development. *Plants*, 2023, no. 12, p. 2471. DOI: 10.3390/plants12132471.
16. Yan W., Zhong Y., Shangguan Z. A meta-analysis of leaf gas exchange and water status responses to drought. *Scientific Reports*, 2016, vol. 6, no. 1, p. 20917. DOI: 10.1038/srep20917.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Тимохин А.Ю.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 644012, г. Омск, пр. Академика Королева, 26; e-mail: timokhin@anc55.ru

Бойко В.С., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

Нижельский Т.Н., аспирант

AUTHOR INFORMATION

✉ **Artem Yu. Timokhin**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; **address:** 26, Akademika Koroleva Avenue, Omsk, 644012, Russia; e-mail: timokhin@anc55.ru

Vasily S. Boiko, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher

Taras N. Nizhelsky, Post-graduate Student

Дата поступления статьи / Received by the editors 26.07.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 14.08.2023
Дата публикации / Published 20.11.2023