УДК 633.174:631.8:631.4 DOI: 10.25680/S19948603.2025.147.08

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ ПОД ПОСЕВОМ СОРГО – СУДАНКОВОГО ГИБРИДА В УСЛОВИЯХ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Н. Шулико[1], к.с.-х.н., А.Ю. Тимохин[1], к.с.-х.н., Е.В. Тукмачева[1], к.б.н., И.А. Корчагина[1], к.с.-х.н., А.А. Киселёва[1], А.Н. Шмидт[2],
[1]ФГБНУ «Омский АНЦ»,
644012, Россия, г. Омск, пр-т Королева, 26, shuliko-n@mail.ru
[2]Государственный университет управления,
Рязанский проспект, 99, Москва, 109542, Российская Федерация
shmidt@anc55.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № 075-15-2024-542.

В течение 2022-2024 г. в длительном стационарном опыте (заложен в 1978 г.) Омского АНЦ проводили исследования почвы под посевом сорго-суданкового гибрида. Изучали воздействие минеральных удобрений на питательный режим, фитосанитарное состояние почвы и урожайность культуры. В результате проведения исследований установлено, что длительное применение удобрений в стационарном опыте повышало содержание нитратного азота в среднем за вегетацию до 3 раз по отношению к контролю. Потенциальная способность почвы к нитратонакоплению на фоне применения азотно-фосфорных удобрений превышала контрольный вариант на 103%. Комплексное применение удобрений увеличивало содержание P_2O_5 *в 4-5 раз к контролю. Урожайность зелёной массы культуры в течение 2022-2024 г. изменялась от 7,56 до 9,58 т/га (неудобренный вариант), от 9,76 до 21,1 т/га (*$N_{60}P_{60}$*). Обнаружена тесная прямая корреляционная связь урожайности агрокультуры с содержанием нитратного азота и нитрификационной способностью почвы (r=0,98 и 0,85 соответственно).*

Ключевые слова: сорго-суданковый гибрид, минеральные удобрения, питательный режим, нитрификационная способность, урожайность.

Для цитирования: *Шулико Н.Н., Тимохин А.Ю., Тукмачева Е.В., Корчагина И.А., Киселёва А.А., Шмидт А.Н.* Агрохимические свойства лугово-черноземной почвы под посевом сорго- суданкового гибрида в условиях Омской области// Плодородие. – 2025. – №6. – С. 43-46. DOI: 10.25680/S19948603.2025.147.08.

Достижение высоких показателей в животноводстве возможно только при обеспечении всего поголовья достаточным количеством кормов хорошего качества и на основе этого организации полноценного кормления [2]. Объемистые корма, приготовленные из многолетних бобовых и бобово-злаковых травосмесей с концентрацией в 1 кг сухого вещества 16–18 % сырого протеина и 10 МДж ОЭ, могут служить основными источниками протеина и энергии в рационах животных [6].

Использование в системе полевого кормопроизводства засухоустойчивых культур, таких как сорго-суданковый гибрид, обеспечивает высокую продуктивность фитомассы, особенно в засушливые годы [8].

Положительной биологической характеристикой сорго является его способность быстро отрастать заново после скашивания, а также выпаса скота. В течение летнего периода гибрид дает примерно 2-3 укоса, а при условии систематического орошения – 4-5. Важно отметить, что в засушливое лето гибрид служит незаменимым вариантом. Если у других злаков при таких условиях урожайность заметно падает, то у сорго-суданкового гибрида она сохраняется на вполне высоком уровне. В России, как и на всем постсоветском пространстве, гибрид используют преимущественно в животноводстве. Благодаря высокой концентрации сахаров обеспечиваются хорошие надои, а также значительный привес [9].

Наряду с высокой продуктивностью, зеленая масса сорго характеризуется хорошими питательными свойствами. В сухом веществе зеленого корма содержится 7-12% протеина, 200-250 мг/кг каротина, до 18% сахаров. Способность сорго накапливать в соке стеблей водорастворимые сахара реализуется в кормопроизводстве и пищевой промышленности в качестве источника сырья [5].

Возделывание высокоурожайных сортов и гибридов невозможно без применения сбалансированных систем удобрения в агроценозе, ввиду высокого выноса элементов минерального питания из почвы [10]. В этой связи применение удобрений является неотъемлемым агроприемом сохранения и повышения эффективного плодородия почвы [12].

Цель наших исследований – определить обогащенность лугово-черноземной почвы элементами минерального питания и продуктивность сорго-суданкового гибрида при применении удобрений.

Методика. Исследования выполняли на базе стационарного опыта ФГБНУ «Омский АНЦ» (Омская обл., Омский район) в условиях лесостепи Омского Прииртышья в 2022–2024 г.

Почва – лугово-черноземная среднемощная тяжелосуглинистая с содержанием гумуса в слое 0-0,4 м 5,9-6,4 %, мощность гумусового горизонта – 0,45 м. Реакция почвенной среды в пахотном слое нейтральная – pH 7,0-7,2. Отбор проб почвы для агрохимического анализа проводили в фазы развития растений сорго – 5-7 листьев, выбрасывание метёлки, налив. Содержание нитратного азота в слое 0-0,4 м среднее – 9,6-12,2 мг/кг, подвижного

фосфора на контроле в слое 0-0,2 м среднее (по Чирикову) – до 100 мг/кг, обменного калия в слое 0-0,2 м очень высокое – более 180 мг/кг почвы. Глубина залегания грунтовых вод 3,5 м [3].

Схема опыта включала применение азотных и фосфорсодержащих минеральных удобрений до посева сорговых культур. Аммофос (P_{60}) и аммиачную селитру (N_{60}) вносили локально сеялкой СЗП-3,6. Посев культуры проводили в III декаде мая. Норма высева – 1 млн всхожих зерен на 1 га. Размер делянки 360 м^2, повторность 3-кратная.

В опыте выращивали сорго-суданковый гибрид Навигатор селекции ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ».

Нитратный азот определяли с дисульфофеноловой кислотой по Грандваль-Ляжу, подвижный фосфор с окрашиванием – по Дениже с колориметрическим окончанием, нитрификационную способность почвы – по С.П. Кравкову с инкубацией 21 день [1].

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли в программах Microsoft Excel, Statistica 10.0. Долю влияния факторов оценивали при $p \leq 0,05$ согласно дисперсионному анализу [7]. За факторы при выращивании сорго-суданкового гибрида принимали: год исследования и внесение минеральных удобрений.

Вегетационные периоды 2022 и 2023 г. были недостаточно увлажнёнными, ГТК за май, август – 0,98 и 0,80 соответственно. Дефицит атмосферных осадков на фоне экстремально высоких температур воздуха в течение вегетации ускорил развитие и созревание растений сорго-суданкового гибрида. 2024 г. характеризовался повышенной увлажнённостью, ГТК=1,70.

Результаты и их обсуждение. Многолетними исследованиями сибирских агрохимиков установлено, что нитратная форма азота в почве служит основным источником доступного для растений элемента, особенно на ранних фазах развития [4, 11].

В удобренных вариантах опыта содержание N-NO_3 в почве в первый срок отбора проб (фаза 5-7 листьев) характеризовалось как высокое (>20 мг/кг), согласно шкале обеспеченности почвы нитратным азотом [4]. Доля влияния минеральных удобрений была существенной, составляя 48% (табл. 1).

1. Влияние минеральных удобрений на содержание N-NO_3 в лугово-черноземной почве, мг/кг (в среднем за 2022-2024 г., n=9)

Вариант	Фаза развития растений			Среднее
	5-7 листьев	выбрасывание метёлки	налив	
Контроль	13,6	4,1	1,1	6,3
N_{60}	48,7	20,0	15,9	28,2
P_{60}	20,1	9,8	4,8	11,6
$N_{60}P_{60}$	42,6	25,5	5,4	24,5
$НСР_{05}A$=16,4; $НСР_{05}B$=14,2*; НСР AB=28,3*				

*Достоверные различия (*здесь и в табл. 2, 3*).

В динамике роста и развития культуры количество N-NO_3 в почве снижалось. В среднем за годы исследований максимальное содержание нитратной формы азота в почве отмечалось в вариантах N_{60} и $N_{60}P_{60}$, рост относительно контроля составлял 84 и 288% соответственно.

Содержание нитратов характеризует обеспеченность почв минеральным азотом, а также степень выраженности процесса нитрификации, т.е. биологического окисления аммиака азотсодержащих органических соединений [16].

Потенциальная способность почвы к нитратонакоплению была наиболее высокой в 2022 г. Параллельными исследованиями установлено увеличение численности нитрифицирующих бактерий в почве в этом году [14].

За годы исследований потенциальная способность почвы к нитратонакоплению на фоне применения азотно-фосфорных удобрений превышала контрольный вариант на 103%. Это вполне объяснимо, так как при применении удобрений в почве усиливаются минерализационные процессы. В исследовании других ученых также установлена подобная тенденция к более активному протеканию нитрификационных процессов на фоне удобрений [15]. Раздельное внесение удобрений в дозах N_{60} и P_{60} не оказывало существенного воздействия на величину потенциальной способности почвы к нитратонакоплению (рис. 1).

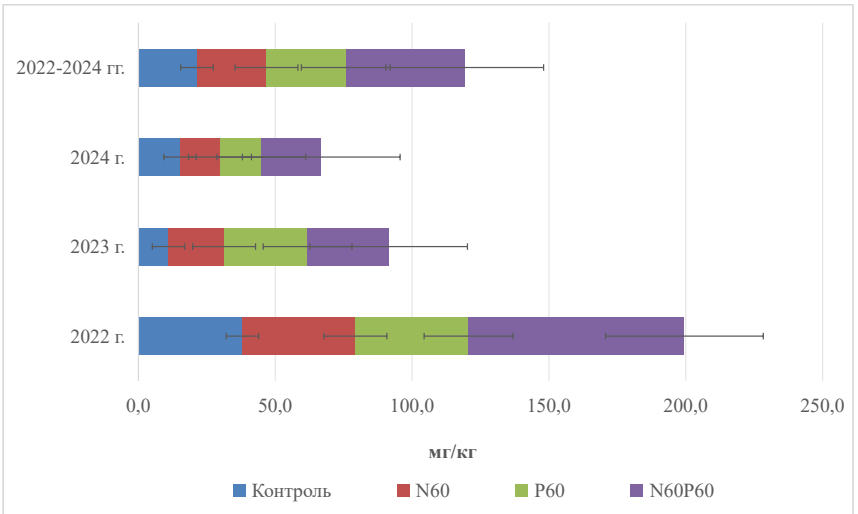


Рис. 1. Нитрификационная способность лугово-черноземной почвы в зависимости от применения удобрений (слой 0-20 см, n=9)

В течение вегетации, в июле и августе, происходило снижение активности нитрификационной способности в связи с расходом легкомобилизуемых органических соединений в процессе минерализации.

Математический анализ данных выявил тесную прямую корреляционную зависимость урожайности агрокультуры от содержания нитратного азота и нитрификационной способности почвы (r=0,98 и 0,85 соответственно).

Для чернозёмов Западной Сибири характерно высокое содержание органических и органоминеральных фосфатов – более 50% от общего количества. При этом преобладающая часть почвенного фосфора входит в состав

органических соединений при низком содержании растворимых форм, участвующих в питании растений [13].

В контрольном варианте опыта и при внесении азотных удобрений содержание P_2O_5 в почве в фазе 5-7 листьев характеризовалось как высокое. Внесение фосфорных удобрений раздельно и в сочетании с азотными приводило к увеличению количества подвижного фосфора в 2,5-4 раза к контролю. В динамике роста и развит культуры содержание этой формы фосфора в удобре ных вариантах (P_{60} и $N_{60}P_{60}$) возрастало в несколько р в сравнении с контролем (табл. 2).

2. Содержание подвижного фосфора в почве (0-20 см) (в среднем за 2022-2024 г.), мг/кг

Вариант	Фаза развития растений			Средне
	5-7 листьев	выбрасывание метёлки	налив	
Контроль	18,4	16,6	17,4	17,5
N_{60}	38,0	18,8	18,2	25,0
P_{60}	50,4	80,8	85,2	72,1
$N_{60}P_{60}$	81,2	102,8	83,2	89,1
$HCP_{05}A$=10,2; $HCP_{05}B$=8,8; HCP AB=17,7*				

За годы исследований установлено, что применение удобрений в изучаемых дозах способствует увеличению содержания P_2O_5 в 4-5 раз относительно контроля.

Математическими расчётами выявлено наличие средней корреляционной зависимости урожайности сорго-суданкового гибрида от содержания подвижного фосфора в почве (r=0,55).

Сложившиеся условия термо- и влагообеспеченности вегетационных периодов, а также применение удобрений оказали положительное воздействие на урожайность сорго-суданкового-гибрида.

Урожайность зелёной массы культуры в течение 2022-2024 г. изменялась. В среднем за годы исследований установлен существенный рост урожайности культуры в удобренных вариантах опыта – на 3,11-9,49 т/га зелёной массы, или 35-106% в сравнении с контролем.

3. Урожайность зелёной массы сорго-суданкового гибрида при применении удобрений, т/га

Вариант	Годы исследований			
	2022	2023	2024	Среднее
Контроль	9,58	7,56	9,52	8,89
N_{60}	13,15	14,4	20,57	16,04
P_{60}	12,56	9,76	13,68	12,00
$N_{60}P_{60}$	16,5	17,54	21,1	18,38
$HCP_{05}A$=0,70; $HCP_{05}B$=0,61*; HCP AB=1,22**				

Показано повышение урожайности сорго-суданкового гибрида при внесении различных доз удобрений на 47–98 % по сравнению с вариантом отсутствия внесения удобрений [17].

Математический анализ полученных результатов исследований выявил преобладающее влияние минеральных удобрений на продуктивность сорго-суданкового-гибрида, существенно меньшее воздействие оказали условия года и взаимодействие факторов (рис. 2).

Заключение. В результате проведённых исследований установлено, что длительное применение удобрений в стационарном опыте повышало содержание нитратного азота в среднем за вегетацию до 3 раз по отношению к контролю. Потенциальная способность почвы к нитратонакоплению на фоне применения азотно-фосфорных удобрений превышала контрольный вариант на 103%. Комплексное применение удобрений увеличивало содержание P_2O_5 в 4-5 раз к контролю. Урожайность зелёной массы культуры в течение 2022-2024 г. изменялась от 7,56 до 9,58 т/га (неудобренный вариант), от 9,76 до 21,1 т/га ($N_{60}P_{60}$). Обнаружена тесная прямая корреляционная связь урожайности агрокультуры с содержанием нитратного азота и нитрификационной способностью почвы (r=0,98 и 0,85 соответственно).

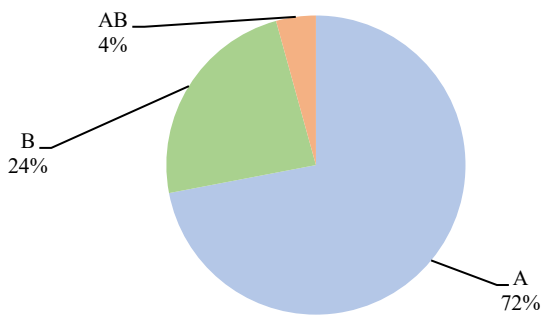


Рис. 2. Доля влияния факторов на формирование урожайности сорго-суданкового гибрида (в среднем за 2022-2024 г.):
A – минеральные удобрения, B – условия года,
AB – взаимодействие факторов

Литература

1. *Агрохимические* методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 655 с.
2. *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.
3. *Шулико Н.Н., Тимохин А.Ю., Хамова О.Ф., Бойко В.С., и др.* Биологические и агрохимические свойства лугово-черноземной почвы Омского Прииртышья в связи с продуктивностью кормовых культур при применении минеральных удобрений // Сельскохозяйственная биология. – 2024. – Т. 59. – № 1. – С. 156-173. – DOI 10.15389/agrobiology.2024.1.156rus.
4. *Гамзиков Г.П.* Почвенная диагностика азотного питания растений и применения азотных удобрений в севооборота // Плодородие. – 2018. – №. 1. – С. 8-14.
5. *Гусев В.В., Ларина В.В., Петрова К.В., Храмов А.В., и др.* История создания исходного материала сорго и многолетних трав в ФГБНУ «НИИ СХ Юго-Востока» // Аграрный Вестник ЮгоВостока. – 2017. – №1 (16). – С. 18-21.
6. *Дмитриев В.И., Бойко В.С., Тимохин А.Ю., Храмов С.Ю.* Многолетние травы в кормопроизводстве Западной Сибири // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 4(34). – С. 53.
7. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. *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.
9. *Ескова В.С., Гусев В.В., Халикова М.М., Эленбергер Р.А., и др.* Оценка урожайности и параметров адаптивности сахарного и травянистого сорго в зоне засушливой черноземной степи Поволжья // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 3 (47). – С. 102-107. – DOI 10.24412/2309-348X-2023-3-102-107.
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. 76-84.
11. *Кочергин А.Е., Гамзиков Г.П.* Эффективность азотных удобрений в чернозёмной зоне Западной Сибири // Агрохимия. – 1972. – № 6. – С. 3-10.
12. *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.
13. *Шамрай Л.А.* Влияние многолетнего применения удобрений в севооборотах на фосфорный режим почвы // Агрохимия. – 1991. – № 2. – С. 15-21.
14. *Шулико Н.Н., Тимохин А.Ю., Тукмачева Е.В., Бойко В.С.* Оценка биологической активности почвы под *Sorghum x drummondii* (Steud.) Millsp. & Chase при применении минеральных удобрений // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2024. – Т. 16. – № 5. – С. 243-261. – DOI 10.12731/2658-6649-2024-16-5-1293.

15. *Jezierska-Tys S., Wesołowska S., Gałązka A. et al.* Biological activity and functional diversity in soil in different cultivation systems // International Journal of Environmental Science and Technology. – 2020. – Vol. 17. – P. 4189-4204. DOI 10.1007/s13762-020-02762-5.
16. *Lang M., Cai Z.* Effects of chlorothalonil and carbendazim on nitrification and denitrification in soils // Journal of Environmental Sciences. – 2009. – Vol. 21. – P. 458–467. DOI 10.1016/S1001-0742(08)62292-5.
17. *Tonitto C., Ricker-Gilbert J.E.* Nutrient management in African sorghum cropping systems: applying meta-analysis to assess yield and profitability // Agronomy for Sustainable Development. – 2016. – Vol. 36 (10). – DOI 10.1007/s13593-015-0336-8.

AGROCHEMICAL PROPERTIES AND PHYTOSANITARY CONDITION OF MEADOW-CHERNOZEM SOIL UNDER SORGHUM CULTIVATION IN THE OMSK REGION

[1]Shuliko N.N., PhD of agricultural sc., [1]Timokhin A.Yu., PhD of agricultural sc.,
[1]Tukmacheva E.V., PhD of biol. sc., [1]Korchagina I.A., PhD of agricultural sc.,
[1]Kiseleva A.A., [2]Schmidt A.N.
[1]FSBT Omsk agricultural research center, 644012, Russia,
Omsk, Pr. Korolev`s 26, e-mail: shuliko@anc55.ru
[2]State University of Management,
Ryazansky Prospekt, 99, Moscow, 109542, Russian Federation

The research was carried out in 2022-2024 in the stationary eight–field crop rotation experiment of the Omsk agricultural research cente Field Feed Production Laboratory (Omsk region), under the sorghum culture-a Sudan hybrid (Sorghum xdrummondii (Steud.) Millsp. & Chase). The effects of mineral fertilizers on the nutrient regime of the soil and crop yields were studied. The experimental scheme included the use of nitrogen and phosphorus-containing mineral fertilizers before sowing sorghum crops. Ammophos (P_{60}) and ammonium nitrate (N_{60}) were applied locally with a FFP-3.6 seed drill. As a result of the research, it was found that prolonged use of fertilizers in stationary experiments increased the content of nitrate nitrogen on average during the growing season up to 3 times relative to the control. The potential ability of the soil to accumulate nitrate against the background of the use of nitrogen-phosphorus fertilizers exceeded the control option by 103%. The complex application of fertilizers increased the content of P_2O_5 by 4-5 times compared to the control. The yield of the sorghum-sudank hybrid during the research years ranged from 7.56 to 9.58 t/ha of dry matter in the control variant and from 9.76 to 21.1 t/ha in the fertilized ($N_{60}P_{60}$). A close direct correlation was found between the yield of agricultural crops and the content of nitrate nitrogen and the nitrification capacity of the soil (r=0.98 and 0.85, respectively).
Keywords: sorghum-sudank hybrid, mineral fertilizers, nutrient regime, nitrification capacity, yield.