



ISSN: 1997-3225
DOI: 10.55170/1997-3225

Известия

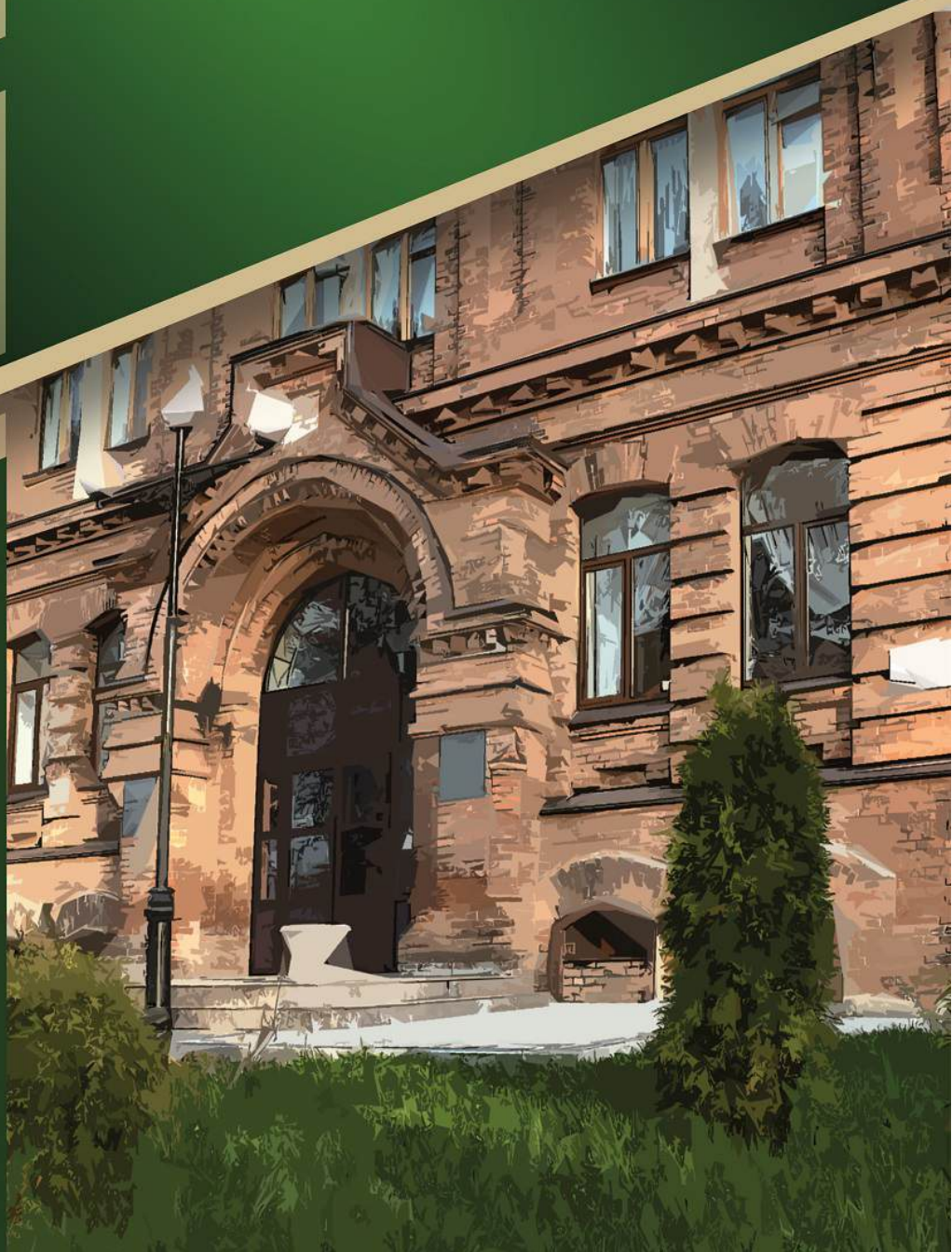
САМАРСКОЙ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
АКАДЕМИИ

2025

ОКТАБРЬ-ДЕКАБРЬ

Т. 10, № 4

16+



ИЗВЕСТИЯ

Самарской государственной
сельскохозяйственной академии

ОКТЯБРЬ-ДЕКАБРЬ

Т. 10, № 4 – 2025

Самара 2025

BULLETIN

Samara State
Agricultural Academy

OCTOBER-DECEMBER

Vol. 10, No 4 – 2025

Samara 2025

Известия

Самарской государственной
сельскохозяйственной академии

Т. 10, № 4/80 – 2025

В соответствии с решением Президиума Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Министерстве образования и науки Российской Федерации журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

УЧРЕДИТЕЛЬ и ИЗДАТЕЛЬ:
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ

Главный редактор: Машков Сергей Владимирович

Редакционно-издательский совет:

Машков Сергей Владимирович – кандидат экономических наук, доцент, главный редактор, председатель редакционно-издательского совета; Самарский ГАУ.
Троц Наталья Михайловна – д-р с.-х. наук, проф., зам. главного редактора; Самарский ГАУ.

Шевченко Сергей Николаевич – академик РАН, д-р с.-х. зав. кафедрой растениеводства и земледелия Самарского ГАУ.

Баталова Галина Аркадьевна – академик РАН, проф., д-р с.-х. наук, зам. директора по селекционной работе ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого.

Васин Василий Григорьевич – д-р с.-х. наук, проф. кафедры растениеводства и земледелия Самарского ГАУ.

Каплин Владимир Григорьевич – д-р биол. наук, проф., ведущий научный сотрудник Всероссийского НИИ защиты растений.

Виноградов Дмитрий Валериевич – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой агрономии и агротехнологий Рязанского ГАУ им. П. А. Костычева.

Есков Иван Дмитриевич – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой защиты растений и плодовоовощеводства Саратовского ГАУ им. Н. И. Вавилова.

Мальчиков Петр Николаевич – д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией селекции яровой твердой пшеницы Самарского НИИ сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова.

Баймишев Хамидулла Балтукханович – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой анатомии, акушерства и хирургии Самарского ГАУ.

Гадиев Ринат Равилович – д-р с.-х. наук, проф. кафедры пчеловодства, частной зоотехнии и разведения животных Башкирского ГАУ.

Карамеев Сергей Владимирович – д-р с.-х. наук, проф. кафедры зоотехнии Самарского ГАУ.

Беляев Валерий Анатольевич – д-р ветеринар. наук, проф. кафедры терапии и фармакологии Ставропольского ГАУ.

Еремин Сергей Петрович – д-р ветеринар. наук, проф., зав. кафедрой частной зоотехнии и разведения сельскохозяйственных животных Национального Исследовательского Мордовского ГУ им. Н. П. Огарева.

Сейтов Марат Султанович – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой незаразных болезней животных Оренбургского ГАУ.

Никулин Владимир Николаевич – д-р с.-х. наук, проф., декан факультета биотехнологии и природопользования, проф. кафедры химии Оренбургского ГАУ.

Варакин Александр Тихонович – д-р с.-х. наук, проф. кафедры частной зоотехнии Волгоградского ГАУ.

Крючин Николай Павлович – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой механики и инженерной графики Самарского ГАУ.

Курочкин Анатолий Алексеевич – д-р техн. наук, проф. кафедры пищевых производств Пензенского ГТУ.

Ишмаков Александр Павлович – д-р техн. наук, проф. кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин Национального Исследовательского Мордовского ГУ им. Н. П. Огарева.

Уханов Александр Петрович – д-р техн. наук, проф. кафедры технического сервиса машин Пензенского ГАУ.

Курдюмов Владимир Иванович – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой агротехнологий, машин и безопасности жизнедеятельности Ульяновского ГАУ им. П. А. Столыпина.

Коновалов Владимир Викторович – д-р техн. наук, проф. кафедры технологий машиностроения Пензенского ГТУ.

Траисов Балухаш Бакишевич – академик КазНАЕН, КазААСН, д-р с.-х. наук, проф., директор департамента животноводства НАО «Западно-Казакстанский АТУ им. Жангир хана».

Боинчан Борис Павлович – д-р с.-х. наук, проф., зав. отделом устойчивых систем земледелия, НИИ полевых культур «Селекция», г. Балць, Республика Молдова.

Редакция научного журнала:

Федорова Л. П. – ответственный редактор
Бабушкина Н. Ю. – технический редактор, корректор

Адрес редакции, издателя: 446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 (доб. 608)

E-mail: ssaariz@mail.ru
Отпечатано в типографии ООО «Слово»

Адрес типографии: 443070, Самарская область, г. Самара, ул. Песчаная, 1
Тел.: (846) 267-36-82
E-mail: izdatkniga@yandex.ru

Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 84460

Цена свободная

Подписано в печать 22.10.2025
Формат 60×84/8. Печ. л. 13,6
Тираж 1000. Заказ № 2181
Дата выхода в свет 30.10.2025

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 23 мая 2019 года
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-75814

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2025

Bulletin

Samara State
Agricultural Academy

Vol. 10, No 4/80 – 2025

In accordance with Order of the Presidium of the Higher Attestation Commission of the Russian Ministry of Education and Science (VAK) the journal was included in the list of the peer-reviewed scientific journals, in which the major scientific results of dissertations for obtaining Candidate of Sciences and Doctor of Sciences degrees should be published.

ESTABLISHER and PUBLISHER:
FSBEI HE Samara SAU

Chief Editor: Mashkov Sergey Vladimirovich

Editorial and publishing council:

Mashkov Sergey Vladimirovich – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Chief Editor, Editorial Board Chairman; Samara SAU.

Trots Natalia Mikhailovna – Dr. of Ag. Sci., Professor, Deputy Chief Editor, Samara SAU.

Shevchenko Sergey Nikolaevich – Academician of the RAS, Dr. of Ag. Sci., Head of the Department of Plant Growing and Agriculture Samara SAU.

Batalova Galina Arkadievna – Academician of the RAS, professor, Dr. of Ag. Sci., Breeding work deputy director of the Federal Agrarian Scientific Center of the North-East, named after N. V. Rudnitsky.

Vasin Vasily Grigorevich – Dr. of Ag. Sci., Professor of the Department of Plant Growing and Agriculture Samara SAU.

Kaplin Vladimir Grigorievich – Dr. of Biol. Sci., Professor, leading researcher at the All-Russian Research Institute of Plant Protection.

Vinogradov Dmitry Valerievich – Dr. of Biol. Sci., Professor, Head of the Department of Agronomy and Agrotechnologies of the Ryazan State University named after P. A. Kostiychev.

Eskov Ivan Dmitrievich – Dr. of Ag. Sci., Professor, Head of the Department of Plant Protection and Horticulture Saratov SAU named after N. I. Vavilov.

Malchikov Petr Nikolaevich – Dr. of Ag. Sci., Chief Researcher, Head of laboratory of spring durum wheat breeding of Samara Research Institute of Agriculture named after N. M. Tulaykov.

Baimishev Hamidulla Baltukhanovich – Dr. of Biol. Sci., Professor, Head of the Department of Anatomy, Obstetrics and Surgery Samara SAU.

Gadiev Rinat Ravilovich – Dr. of Ag. Sci., Professor of the Department of Beekeeping, Private Animal Husbandry and Animal Breeding of the Bashkir SAU.

Karamaev Sergey Vladimirovich – Dr. of Ag. Sci., Professor of the Department of Animal Science of Samara SAU.

Belyaev Valery Anatolievich – Dr. of Vet. Sci., Professor of the Department of Therapy and Pharmacology Stavropol SAU.

Eremkin Sergey Petrovich – Dr. of Vet. Sci., Professor, Head of the Department of Private Zootechny and breeding of farm animals of the Nizhny Novgorod SAA.

Seitov Marat Sultanovich – Dr. of Biol. Sci., Professor, Head of the Department of Non-infectious Animal Diseases of the Orenburg SAU.

Nikulin Vladimir Nikolaevich – Dr. of Ag. Sci., Professor, Dean of the Faculty of Biotechnology and Nature Management, Professor of the Chemistry Department Orenburg SAU.

Varakin Alexander Tikhonovich – Dr. of Ag. Sci., Professor of the Department of private zootechny Volgograd SAU.

Krjukhin Nikolay Pavlovich – Dr. of Tech. Sci., Professor, Head of the Mechanics and Engineering Schedules department Samara SAU.

Kurochkin Anatoly Alekseevich – Dr. of Tech. Sci., Professor of the Department Food Manufactures, Penza STU.

Inshakov Alexander Pavlovich – Dr. of Tech. Sci., Professor of the Department of Mobile Energy Means and Agricultural Machines of the National Research Mordovian SU named after N. P. Ogarev.

Ukhanov Alexander Petrovich – Dr. of Tech. Sci., Professor of the Department of Technical Service of Machines of the Penza SAU.

Kurdyumov Vladimir Ivanovich – Dr. of Tech. Sci., Professor, Head of the Department Safety of Ability to Live and Power Ulyanovsk SAU named after P. A. Stolypin.

Konovalev Vladimir Viktorovich – Dr. of Tech. Sci., Professor of the Department of Engineering Technology Penza STU.

Traiso Balush Bakishevich – Academician of KazNAS, KazAAS, Dr. of Ag. Sci., Professor, Director of the Animal Husbandry Department of the SAU «West Kazakhstan ATU named after Zhanqir Khan».

Boimchan Boris Pavlovich – Dr. of Ag. Sci., Professor, Head of the Department of Sustainable Agricultural Systems, Research Institute of Field Crops «Selection», Balti t., Republic of Moldova.

Edition science journal:

Fedorova L. P. – editor-in-chief
Babushkina N. Yu. – technical editor, proofreader

Editorial office, publisher: 446442, Samara Region, settlement Ust-Kinelskiy, Uchebnaya street, 2
Tel.: 8 939 754 04 86 (ext. 608)

E-mail: ssaariz@mail.ru
Printed in Print House LLC «Slovo»

Address Print House: 443070, Samara Region, Samara, Peschanaya Street, 1
Tel.: (846) 267-36-82
E-mail: izdatkniga@yandex.ru

Subscription index in the United catalog «Press of Russia» – 84460

Price undefined

Signed in print 22.10.2025
Format 60×84/8. Printed sheets 13,6
Print run 1000. Edition № 2181
Publishing date 30.10.2025

The journal is registered Supervision Federal Service of Telecom sphere, information technologies and mass communications (Roscomnadzor) May 23, 2019
The certificate of registration of the PI number FS77-75814

© FSBEI HE Samara SAU, 2025

Научная статья

УДК 574.4

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-3-10

ОЦЕНКА СОСТАВЛЯЮЩИХ БАЛАНСА УГЛЕРОДА В АГРОЭКОСИСТЕМАХ С ТРАДИЦИОННОЙ И НУЛЕВОЙ ОБРАБОТКАМИ ЧЕРНОЗЕМОВ

Кристина Викторовна Иващенко^{1✉}, Софья Владимировна Сушко², Алексей Вячеславович Доброхотов³,
Елена Александровна Захарова⁴, Дмитрий Александрович Хорошаев⁵, Наталья Михайловна Троц⁶,
Людмила Владимировна Орлова⁷

^{1, 2, 3, 5} Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, Россия

³ Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

⁴ Научно-образовательный профессиональный центр генетических и лабораторных технологий СамГМУ, Самара, Россия

⁶ Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

⁷ Орловка – АИЦ, Самарская область, с. Старый Аманак, Россия

¹ ivashchenko.kv@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-8397-158X>

² rogovaja7@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0664-7641>

³ dobralexey@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-9368-6229>

⁴ orineon@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7287-5960>

⁵ d.khoroshaev@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-8044-7635>

⁶ troz_shi@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3774-1235>

⁷ orlova.rmrl@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6941-8523>

Резюме. Цель исследования – сравнительная оценка баланса углерода (С) при нулевой и традиционной обработках чернозема в агроценозах лесостепной и степной зон Европейской территории России (Самарская обл. и Краснодарский край). Баланс С агроценозов оценивали через показатель NEP – чистая экосистемная продукция, учитывая чистую первичную продукцию и почвенную эмиссию CO₂. В результате исследования получены экспериментальные данные NEP за вегетационный период (май-октябрь 2024 г.) и прогнозные оценки с помощью модели DNDC за период 2023-2100 гг. при различных сценариях изменения климата. На территории агрохозяйств в изученных регионах было выбрано по 2 производственных поля с нулевой и традиционной обработками почвы. В каждом агроценозе измерения почвенной эмиссии CO₂ проводили в 10 пространственно-удаленных точках методом закрытых камер в течение вегетационного периода. Перед уборкой урожая в точках исследования отбирали надземную и корневую биомассу сельскохозяйственных культур. Экспериментальные данные показали, что значения NEP при использовании нулевой обработки либо стремятся к нулю (Самарская область), либо указывают на увеличение стока С в агроэкосистеме в 3,4 раза (Краснодарский край) по сравнению с традиционным подходом. На основе прогнозных оценок выявлено, что баланс С во многом определяется видом возделываемой культуры. Независимо от типа обработки почвы агроценоз подсолнечника будет источником CO₂, а не стоком С. Наиболее благоприятные условия для увеличения стока С (на 11-25%) в агроэкосистемах Самарской обл. ожидаются при возделывании яровой пшеницы и сои в сочетании с нулевой обработкой за счет снижения (на 4-7%) микробного дыхания почвы по сравнению со вспашкой. В агроценозах Краснодарского края возделывание кукурузы вместе с нулевой обработкой наиболее эффективно для увеличения стока С в результате увеличения чистой первичной продукции (на 28-31%) и снижения почвенного микробного дыхания (на 15-17%).

Ключевые слова: чистая первичная продукция, чистая экосистемная продукция, модель DNDC, изменение климата, почвенная эмиссия CO₂

Финансирование: Исследование выполнено в рамках государственного задания молодежной лаборатории (тема № 125061107005-4). Анализы химических свойств почв выполнены в ЦКП ИФХиБПП РАН.

Для цитирования: Иващенко К. В., Сушко С. В., Доброхотов А. В., Захарова Е. А., Хорошаев Д. А., Троц Н. М., Орлова Л. В. Продуктивность и качество сортов люпина в зависимости от условий питания // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 3-10. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-3-10

Original article

ASSESSMENT OF CARBON BALANCE COMPONENTS IN AGROECOSYSTEMS WITH TRADITIONAL AND ZERO CHERNOZEM TREATMENTS

Kristina V. Ivashchenko^{1✉}, Sofya V. Sushko², Alexey V. Dobrokhoto³, Elena A. Zakharova⁴, Dmitry A. Khoroshaev⁵,
Natalia M. Trots⁶, Lyudmila V. Orlova⁷

^{1, 2, 3, 5} Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

³ Agrophysical Research Institute, Saint Petersburg, Russia

⁴ Scientific and Educational Professional Center of Genetic and Laboratory Technologies of SamSMU, Samara, Russia

⁶ Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara Region, Russia

⁷ Orlovka – AIC, Samara region, Stary Amanak village, Russia

¹ ivashchenko.kv@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-8397-158X>

² rogovaja7@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0664-7641>

³ dobralexey@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-9368-6229>

⁴ orineon@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7287-5960>

⁵ d.khoroshaev@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-8044-7635>

⁶ troz_shi@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3774-1235>

⁷ orlova.rmrl@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6941-8523>

Abstract. The purpose of the study is a comparative assessment of the carbon (C) balance under zero and traditional chernozem treatments in the agro-ecosystems of the forest-steppe and steppe zones of the European territory of Russia (Samara Region and Krasnodar Territory). The balance from agricultural prices was assessed using the NEP indicator – pure ecosystem products, taking into account pure primary products and soil CO₂ emissions. As a result of the study, experimental NEP data for the growing season (May–October 2024) and forecast estimates using the DNDC model for the period 2023–2100 under various climate change scenarios were obtained. On the territory of agricultural farms in the studied regions, 2 production fields with zero and traditional soil treatments were selected. In each agroecosystem, measurements of soil CO₂ emissions were carried out at 10 spatially remote points using the closed chamber method during the growing season. Before harvesting, the above-ground and root biomass of agricultural crops was selected at the study points. Experimental data have shown that the NEP values when using zero treatment either tend to zero (Samara Region) or indicate a 3.4-fold increase in C runoff in the agroecosystem (Krasnodar Territory) compared with the traditional approach. Based on the forecast estimates, it was revealed that the balance of C is largely determined by the type of crop being cultivated. Regardless of the type of tillage, the agroecosystem of the subsurface will be a source of CO₂, not a sink of C. The most favorable conditions for increasing the flow of C (by 11–25%) are in the agroecological systems of the Samara region. They are expected when cultivating spring wheat and soybeans in combination with zero tillage due to a decrease (by 4–7%) in soil microbial respiration compared to plowing. In the agro-ecosystems of the Krasnodar Territory, cucumbers cultivation together with zero treatment is most effective for increasing C runoff as a result of an increase in net primary production (by 28–31%) and a decrease in soil microbial respiration (by 15–17%).

Keywords: clean primary products, clean ecosystem products, DNDC model, climate change, soil CO₂ emissions

Acknowledgements: The research was carried out within the framework of the state assignment of the youth laboratory (topic No. 125061107005-4). Analyses of the chemical properties of soils were performed at the Central Research Laboratory of the Institute of Applied Chemistry of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Ivashchenko, K. V., Sushko, S. V., Dobrokhoto, A. V., Zakharova, E. A., Khoroshayev, D. A., Trots N. M. & Orlova, L. V. (2025). Assessment of carbon balance components in agroecosystems with traditional and zero chernozem treatments. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 3–10 (In Russian). DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-4-3-10](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2025-10-4-3-10)

Оценка баланса углерода (C) в агроценозах важна для понимания потенциала его секвестрации. Баланс C определяют через показатель NEP (net ecosystem exchange, чистая экосистемная продукция), который отражает количество валовой первичной продукции (GPP) за вычетом экосистемного дыхания (Re) [1]. Отрицательные значения NEP указывают на то, что экосистема является источником CO₂ в атмосферу, а положительные – стоком C. Величина NEP во многом зависит от подходов к обработке земель [2]. При нулевой обработке почвы (прямой посев) отмечают снижение эмиссии CO₂ и увеличение поступления C с растительными остатками по сравнению с традиционным подходом [3]. В результате, прямой посев способствует накоплению органического C в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте почвы по сравнению со вспашкой [4–7]. Анализ глобальной базы данных показал, что переход от традиционной обработки почвы к нулевой может обеспечить секвестрацию C в среднем со скоростью 0.57 т C / га в год [8]. Однако ее скорость и изменение составляющих углеродного баланса в агроценозах с нулевой обработкой почвы может значительно различаться в зависимости от севооборота, климатических характеристик, системы внесения удобрений и др. В связи с этим разработка мер по сокращению выбросов CO₂ за счет внедрения и применения ресурсосберегающих технологий в агроэкосистемах, должна быть основана на анализе результатов углеродного баланса для широкого ряда агроландшафтных условий.

Цель исследований: провести сравнительную оценку баланса C в условиях нулевой и традиционной обработок чернозема в агроценозах лесостепной (Самарская обл.) и степной зон (Краснодарский край) Европейской территории России.

Задачи исследований: анализ составляющих баланса C в изученных агроценозах: продуктивность сельскохозяйственных культур и динамика почвенной эмиссии CO₂.

Материалы и методы исследований. На территории агрохозяйств в Самарской обл., (Похвистневский р-н) и Краснодарском крае (Крымский р-н) было выбрано по 2 производственных поля с нулевой и традиционной обработками почвы, расположенных в непосредственной близости друг к другу (табл. 1). Почвы агроценозов Самарской обл. сформированы в автоморфном ландшафте (186–194 м н.у.м) и характеризуются периодически промывным водным режимом. Почвы агроценозов Краснодарского края расположены значительно ниже по рельефу (11–12 м н.у.м) и имеют паводковый водный режим, являясь территориями бывших плавней (осушена в конце 1960-х гг.). Изученные почвы диагностировали как агрочерноземы тяжелосуглинистые. Содержание органического C в 0–10 см слое почвы с традиционной и нулевой обработками составило в среднем 4,2 и 4,5% в Самарской обл. соответственно [7], 1,9 и 1,7% в Краснодарском крае. Основные физические и химические свойства верхнего 0–10 см слоя исследуемых агрочерноземов представлены в таблице 2.

В Самарской области севооборот и стратегия управления элементами минерального питания за 2022–2024 гг. существенно различались между выбранными производственными полями. На поле с традиционной обработкой возделывались яровая пшеница и подсолнечник без применения минеральных удобрений и включением на 3-й год чистого пара (табл. 1). На поле с нулевой обработкой возделывались яровая пшеница и соя с внесением перед их посевом аммиачной селитры в дозах 100 и 60 кг/га (~N₃₄ и N₂₀) соответственно. В Краснодарском крае севооборот также различался между выбранными объектами, включая только озимую пшеницу для поля с традиционной обработкой и ее чередование с кукурузой для поля с нулевой обработкой. Применение удобрений для варианта с традиционной обработкой осуществлялось по следующей схеме: 100 кг/га диаммофоса (~N₁₈P₅₀) перед посевом озимой пшеницы, 200 кг/га аммиачной селитры (~N₉₈) для подкормки ее весной и 100 кг/га сульфаммофоса (~N₂₀P₂₀S₁₄) под вспашку после уборки урожая. Перед посевом кукурузы для варианта с нулевой обработкой использовали 120 кг/га аммиачной селитры (~N₄₀), перед посевом озимой пшеницы – 100 кг/га диаммофоса (~N₁₈P₅₀) без дополнительной подкормки весной. Указанная информация об условиях возделывания сельскохозяйственных культур была установлена в результате интервьюирования владельцев исследуемых производственных полей. В каждом агроценозе было выбрано по 10 пространственно-удаленных точек и установлены воротники-основания для измерения почвенной эмиссии CO₂. Почвенную эмиссию измеряли в течение вегетационного периода 2024 г. (20.05–26.08 и 12.06–05.10

в Самарской области и Краснодарском крае соответственно) каждые две недели методом закрытых камер с помощью инфракрасного газоанализатора с непрерывной циркуляцией воздуха (AZ Instruments, Senseair K30, Швеция). За период измерений средняя температура воздуха составила 17°C и 24 °C для Самарской области и Краснодарского края, количество осадков – 236 мм и 202 мм соответственно (01.05–30.09.2024; метеостанции «Бугуруслан» и «Анапа»).

Перед уборкой урожая для каждого поля отбирали надземную биомассу культур (зерно, стебли / листья) с площадок 30×30 см в 10-ти точках исследования. В трех точках каждого поля учитывали также корневую биомассу в монолитах 15×15 см и мощностью 10-15 см. Содержание С в растительных остатках измеряли на анализаторе ECS 8024, NC Technologies, Италия (сжигание при $t=1100^{\circ}\text{C}$).

На основе полученных данных рассчитывали NEP за изученный вегетационный период: $\text{NEP}=\text{GPP}-\text{Re}$, где GPP, валовая первичная продукция (суммарное содержание С в надземной и корневой биомассе растений, т С / га); Re, экосистемное дыхание или $\text{Ra}+\text{Rs}$, где Ra, дыхание надземной части растений. Ra рассчитано на основе литературных данных и составляет 40% от сухой надземной биомассы [9]; Rs, дыхание почвы (почвенная эмиссия CO_2).

Проведен прогноз долгосрочной динамики (с 2023 по 2100 гг.) составляющих баланса углерода: чистая первичная продукция (NPP) и микробное дыхание почвы (Rh), разница между ними позволяет получить величину NEP. Прогноз учитывал два сценария изменения климата: SSP2-4.5 и SSP5-8.5, предполагающие увеличение глобальной температуры воздуха на 2.7°C и 4.4°C к 2100 г. соответственно. Выбранные сценарии считаются экспертами МГЭИК наиболее реалистичными исходя из современных тенденций социально-экономического развития [10]. Прогноз был осуществлен с помощью модели DNDC, включая измеренные данные почвенных свойств (гранулометрический состав, содержание С, pH, плотность). Условия возделывания культур (севооборот, сроки посева/уборки, сроки/дозы/способ внесения удобрений, доля оставшейся массы листьев/стеблей после уборки урожая, сроки/способ обработки почвы) инициализированы в модели на основе актуальных данных для изученных агроценозов. В модели был задан следующий севооборот: подсолнечник-соя-яровая пшеница в агрохозяйствах Самарской обл., кукуруза-подсолнечник-озимая пшеница – Краснодарского края. Входные метеорологические данные (суточные максимальные и минимальные температуры, осадки, относительная влажность, скорость ветра) за 2022–2024 гг. были получены с ближайших метеостанций, за 2025–2100 гг. – на основе модели общей циркуляции атмосферы EC-Earth3 [11].

Таблица 1

Характеристика исследуемых полей с традиционной и нулевой обработками почвы и возделываемые культуры (2022–2024)

Регион	Обработка	ГК**, с.ш. / в.д.	Площадь, га	Возделываемая культура		
				2022 г.	2023 г.	2024 г.
Самарская обл.	Вспашка	53.80° / 51.90°	42	яровая пшеница	подсолнечник	чистый пар
	Нулевая с 2018 г.	53.81° / 51.90°	88	яровая пшеница	соя	яровая пшеница
Краснодарский край	Вспашка	45.02° / 37.92°	45	озимая пшеница	озимая пшеница	озимая пшеница
	Нулевая с 2016 г.	45.02° / 37.93°	74	озимая пшеница	кукуруза	озимая пшеница

*до 20-25 см; **географические координаты

Таблица 2

Плотность сложения (ПЛ) и химические свойства исследуемых агрочерноземов (0-10 см слой) с традиционной и нулевой (НЛ) обработками. Значения представлены как среднее арифметическое $\pm$ стандартная ошибка среднего для $n = 30$

Регион	Обработка	ПЛ, г см ⁻³	pH _{водн}	C _{орг} , %	C _{орг} /N	K ₂ O, мг кг ⁻¹	P ₂ O ₅ , мг кг ⁻¹
Самарская обл.	Вспашка	1,00 $\pm$ 0,02	7,2 $\pm$ 0,1	4,2 $\pm$ 0,1	12,0 $\pm$ 0,1	223 $\pm$ 12	61 $\pm$ 10
	НЛ с 2018 г.	1,06 $\pm$ 0,02	6,9 $\pm$ 0,1	4,5 $\pm$ 0,2	12,3 $\pm$ 0,1	218 $\pm$ 18	95 $\pm$ 9
Краснодарский край	Вспашка	1,28 $\pm$ 0,02	7,1 $\pm$ 0,1	1,9 $\pm$ 0,0	12,1 $\pm$ 0,1	309 $\pm$ 18	7 $\pm$ 1
	НЛ с 2016 г.	1,35 $\pm$ 0,01	7,1 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,0	12,3 $\pm$ 0,2	266 $\pm$ 37	5 $\pm$ 1

Примечание: C_{орг} рассчитан по разнице содержания общего С (метод сухого сжигания) и С карбонатов (манометрический метод); K₂O и P₂O₅ определены по ГОСТ 26204-91 для Самарской обл. и ГОСТ 26205-91 для Краснодарского кр.

Результаты исследования. Влияние нулевой обработки на продуктивность была оценена для агрохозяйства Краснодарского края, поскольку на двух сравниваемых полях в 2024 году возделывалась одна культура – озимая пшеница. Урожайность при использовании нулевой обработки была в среднем на 9% выше, чем при традиционной вспашке. При этом различия в общей биомассе (зерно + стебли/листья + корни) было еще больше: +41% при нулевой обработке (рис. 1А). В Самарской области на поле с нулевой обработкой возделывалась яровая пшеница, в то время как на поле со вспашкой был чистый пар. Низкая урожайность яровой пшеницы (в среднем 7 ц/га) в исследуемом году объяснялась неблагоприятными погодными условиями (поздние заморозки и обильные дожди в период созревания).

Суммарная эмиссия CO_2 за вегетационный период для агрочерноземов Краснодарского края была в 1,3 раза ниже при нулевой обработке, чем при традиционной вспашке (рис. 1Б). Для Самарской области, напротив, этот показатель был в 1,1 раза ниже для пахотного поля из-за отсутствия корневого дыхания в отличие от поля с нулевой обработкой. Однако при уравнивании условий для двух сравниваемых полей (вычет вклада корней; ~30% от эмиссии CO_2), микробное дыхание почвы агрочерноземов со вспашкой было в 1,2 раза больше, чем при использовании нулевой обработки. Это объясняется усилением минерализации органического вещества почвы, вызванного нарушением сложения ее поверхностного горизонта и насыщением кислородом в условиях регулярной вспашки. Так для чистого пара Самарской области в течение исследуемого вегетационного периода было выполнено 5 культиваций/обработок для удаления сорняков.

Анализ баланса С в течение вегетационного периода показал, что при использовании нулевой обработки NEP либо стремится к нулю (Самарская область), либо указывает на увеличение стока С в 3,4 раза (Краснодарский край) по сравнению с традиционной обработкой (рис. 1В).

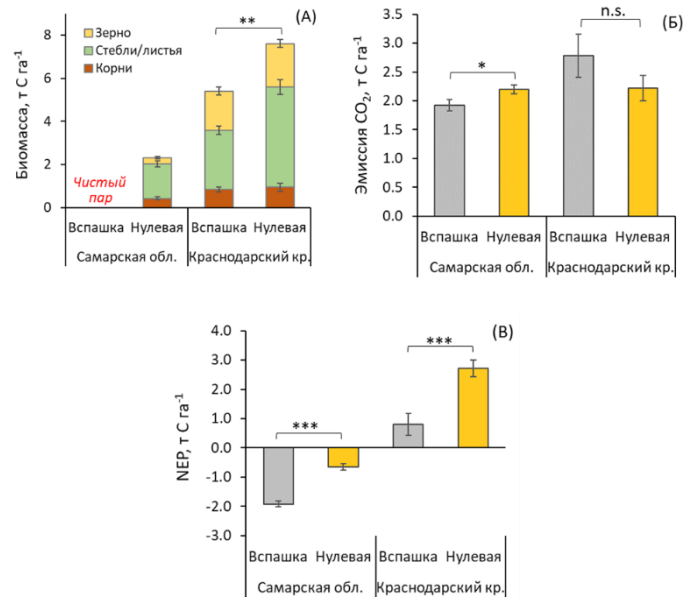


Рис. 1. Биомасса пшеницы (яровая/озимая для Самарской обл./Краснодарского кр.) (А), суммарная эмиссия CO₂ из почвы за вегетационный период (20.05-26.08.2024/12.06-05.10.2024) (Б) и баланс углерода (NEP) за вегетационный период для агроценозов с нулевой и традиционной обработками (среднее ± ст. ошибка среднего, n = 10; *p ≤ 0,05, **0,01, ***0.001 для t-критерия Уэлча)

Согласно двум сценариям изменения климата SSP2-4.5 и SSP5-8.5 среднегодовая температура воздуха к 2100 г. увеличится на 2,9 и 6,4°C в Самарской области (с 4,9°C до 7,8°C и 11,3°C) и на 2,2 и 5,1°C в Краснодарском крае (с 13,1°C до 15,3°C и 18,2°C) соответственно. При этом количество осадков в Самарской области возрастет на 16 мм и 70 мм (с 549 мм до 565 мм и 618 мм), а в Краснодарском крае уменьшится на 38 мм и 76 мм (с 757 мм до 719 мм и 681 мм) соответственно. Несмотря на прогнозируемые различия, климат в Краснодарском крае будет по-прежнему более теплым и влажным, чем в Самарской обл. Долгосрочный прогноз баланса С показал разные прогнозируемые тенденции для двух исследуемых регионов. Так в более засушливом климате Самарской области длительное применение нулевой обработки почвы в условиях заданного севооборота будет в целом способствовать увеличению продуктивности возделываемых культур в среднем на 3% и 4% (сценарии SSP2-4.5 и SSP5-8.5 соответственно) при одинаковых уровнях минерализации органического вещества относительно вспашки (табл. 3). Отсюда и показатель NEP будет увеличиваться в среднем на 12% при использовании данной агротехнологии. При этом в более влажном климате Краснодарского края ожидается снижение продуктивности возделываемых культур на 3% при аналогичной скорости эмиссии CO₂ относительно вспашки. Поэтому в противоположность Самарской области, использование технологии нулевой обработки в Краснодарском крае будет снижать чистую экосистемную продукцию в среднем на 4% относительно традиционной вспашки.

Таблица 3

Прогноз количества чистой первичной продукции (NPP, т С/га в год), микробного дыхания (Rh, т С/га в год) и экосистемного баланса С (NEP, т С/га в год) при использовании традиционной и нулевой обработок агроценозов в Самарской области и Краснодарском крае в среднем за 2023-2100 гг. (78 лет)

Обработка	NPP		Rh		NEP	
	SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP5-8.5	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Самарская область						
Вспашка	3,77	4,32	2,88	3,27	0,88	1,05
Нулевая с 2018	3,88	4,49	2,88	3,29	1,00	1,19
Краснодарский край						
Вспашка	5,26	5,45	4,32	4,45	0,92	0,99
Нулевая с 2016	5,12	5,29	4,23	4,33	0,88	0,96

Как и предполагалось, распределение составляющих С баланса в агроценозах с традиционной и нулевой обработками определяется климатическими условиями, системой севооборота и видом сельскохозяйственной культуры. Так, в Самарской области прогнозируется, что агроценоз подсолнечника будет источником CO₂, а не стоком С (рис. 2). В этом случае отрицательный баланс С связан с потерями С за счет низкой обеспеченности агроценозов чистой первичной продукцией и усилением процессов минерализации органического вещества почвы, что особенно характерно для нулевой обработки в условиях стремительного потепления климата (рис. 3А, Б). Возделывание сои и яровой пшеницы обеспечит положительный баланс С в изученных агроценозах. Важно отметить, что использование данных культур в севообороте способствует увеличению NEP на 11-25% в условиях нулевой обработки почвы относительно вспашки независимо от сценария изменения климата. Такая тенденция объясняется в основном снижением потерь С (на 4-7%) в процессе микробного дыхания почвы в агроценозе с нулевой обработкой (значимо для сои, сценарий SSP2-4.5) по сравнению с традиционной.

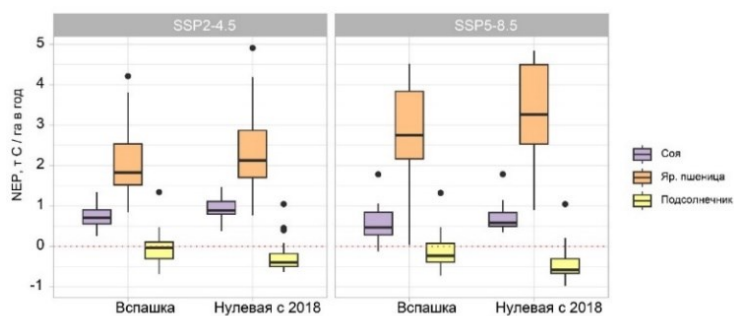


Рис. 2. Распределение прогнозных значений баланса С (NEP) при использовании традиционной и нулевой обработок агрочерноземов под разными сельскохозяйственными культурами в Самарской области за 2023-2100 гг. с учетом SSP2-4.5 и SSP5-8.5 сценариев изменения климата

Также, как и в агроценозах Самарской области, возделывание подсолнечника в Краснодарском крае приведет к отрицательному балансу С для обоих типов обработок (рис. 4), поскольку потери С в результате минерализации органического вещества почвы будут превышать в 1,5-1,7 раз его поступление с растительной биомассой (рис. 5А, Б). В агроценозах с озимой пшеницей в условиях нулевой обработки ожидается отрицательный баланс С ($NEP = -3,13$ и $-3,92$ т С/га в год для SSP2-4.5 и SSP5-8.5 соответственно) по сравнению со вспашкой (1,11 и 0,99 т С/га в год). Это объясняется тем, что в отличие от нулевой обработки применение вспашки увеличит чистую первичную продуктивность озимой пшеницы на фоне небольших потерь С в процессе микробного дыхания. При этом возделывание кукурузы в условиях нулевой обработки приведет к значительному увеличению показателя NEP на 52 и 53% с учетом умеренного и агрессивного сценариев изменения климата соответственно. В данном случае применение нулевой обработки значительно повысит продуктивность агроценоза (на 28-31%) и снизит микробное дыхание почвы (на 15-17%) относительно вспашки.

Полученные тенденции в целом соответствуют выводам глобального мета-анализа [12], показавшего разное влияние нулевой обработки почвы на продуктивность возделываемых культур в зависимости от климата и выбора самих культур. Так применение нулевой технологии в засушливом климате способствует увеличению урожайности пшеницы, кукурузы, бобовых и масличных культур в среднем на ~3-10% относительно вспашки из-за повышения почвенных влагозапасов и эффективности их использования. В то время как во влажном климате, напротив, отмечается снижение их урожайности из-за ухудшения роста корневой системы, обусловленной уплотнением и снижением аэрированности почвы в условиях нулевой обработки.

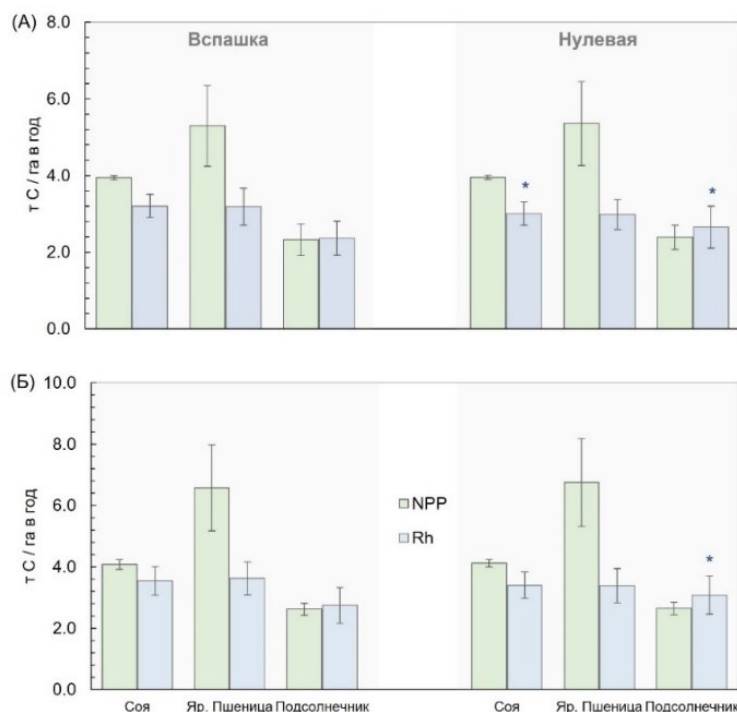


Рис. 3 Среднее значение $\pm$ стандартное отклонение составляющих баланса углерода: чистая первичная продукция (NPP) и микробное дыхание (Rh) при использовании традиционной и нулевой обработок агрочерноземов под разными сельскохозяйственными культурами в Самарской области за 2023-2100 гг. с учетом SSP2-4.5 (А) и SSP5-8.5 (Б) сценариев изменения климата ($n = 25, 26, 27$ для сои, яровой пшеницы и подсолнечника соответственно; * $p \leq 0.05$, t-критерий Уэлча, сравнение между традиционной и нулевой обработками для каждой культуры и показателя отдельно)

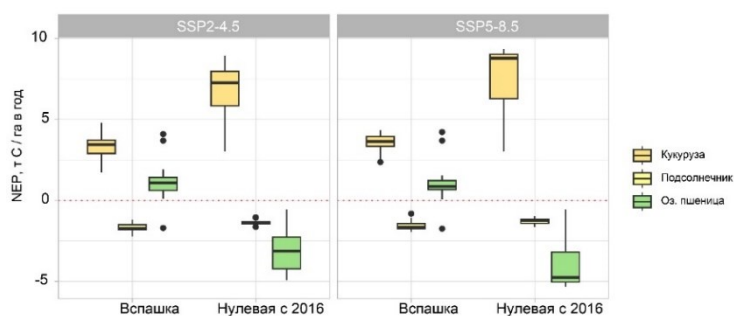


Рис. 4. Распределение прогнозных значений баланса С (NEP) при использовании традиционной и нулевой обработок агрочерноземов под разными сельскохозяйственными культурами в Краснодарском крае за 2023-2100 гг. с учетом SSP2-4.5 и SSP5-8.5 сценариев изменения климата

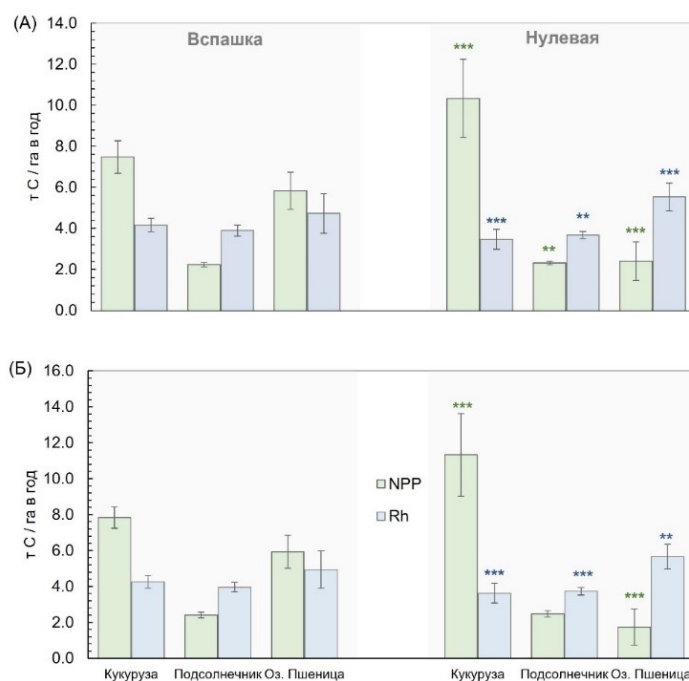


Рис. 5. Среднее значение $\pm$ стандартное отклонение составляющих баланса углерода: чистая первичная продукция (NPP) и микробное дыхание (Rh) при использовании традиционной и нулевой обработок агрочерноземов под разными сельскохозяйственными культурами в Краснодарском крае за 2023-2100 гг. с учетом SSP2-4.5 (А) и SSP5-8.5 (Б) сценариев изменения климата ($n = 25, 26, 27$ для сои, яровой пшеницы и подсолнечника соответственно; $**p \leq 0.05$, $*p \leq 0.01$, $***p \leq 0.001$, t-критерий Уэлча, сравнение между традиционной и нулевой обработками для каждой культуры и показателя отдельно)

Заключение. Экспериментальные данные составляющих баланса С в агроценозах лесостепной и степной зон за вегетационный период указывают на определенную эффективность нулевой обработки в его секвестрации, что обусловлено, с одной стороны, повышением продуктивности культур, с другой – снижением почвенной эмиссии CO_2 . Смоделированные данные показали, что в долгосрочной перспективе (до 2100 г.), учитывая умеренный и агрессивный сценарии изменения климата, в условиях заданного севооборота (подсолнечник-соя-яровая пшеница) и применения нулевой обработки ожидается увеличение продуктивности возделываемых культур при одинаковых уровнях минерализации органического вещества почвы относительно вспашки в Самарской области. В агроценозах Краснодарского края при заданном севообороте (кукуруза-подсолнечник-озимая пшеница) прогнозируется снижение продуктивности возделываемых культур при аналогичной скорости эмиссии CO_2 относительно вспашки. При этом важно учитывать, что баланс С в долгосрочной перспективе зависит от вида возделываемой культуры. Агроценоз подсолнечника будет источником CO_2 , а не стоком С для обоих изученных регионов независимо от способа обработки агрочерноземов. Эффективность нулевой обработки также зависит от вида сельскохозяйственной культуры. В Самарской области ее применение совместно с возделыванием яровой пшеницы и сои приведет к увеличению стока С в агроэкосистеме за счет снижения микробного дыхания почвы относительно вспашки. В Краснодарском крае возделывание кукурузы по сравнению с озимой пшеницей наиболее эффективно в сочетании с нулевой обработкой, в таких условиях будет отмечаться рост чистой первичной продукции и снижение почвенного микробного дыхания, что указывает на высокий потенциал такого агроценоза к секвестрации С.

Список источников

1. Chapin F. S., Woodwell G. M., Randerson J. T., Rastetter E. B., Lovett G. M., Baldocchi D. D., Clark D. A., Harmon M. E., Schimel D. S.; Valentini R. et al. Reconciling carbon-cycle concepts, terminology, and methods // *Ecosystems* 2006. V. 9. P. 1041–1050. DOI: [10.1007/s10021-005-0105-7](https://doi.org/10.1007/s10021-005-0105-7) EDN: LVAPYX
2. Zhang S., Chen W., Wang Y., Li Q., Shi H., Li M., Sun Z., Zhu B., Seyoum G. Human interventions have enhanced the net ecosystem productivity of farmland in China // *Nat Commun.* 2024. V. 15. P. 10523. DOI: [10.1038/s41467-024-54907-6](https://doi.org/10.1038/s41467-024-54907-6) EDN: VZETRP
3. Bono A., Alvarez R., Buschiazio D. E., Cantet R. J. C. Tillage effects on soil carbon balance in a semiarid agroeco-system // *Soil Science Soc of Amer J.* 2008. V. 72. P. 1140–1149. DOI: [10.2136/sssaj2007.0250](https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0250)
4. Johnson J., Reicosky D., Allmaras R., Sauer T., Venterea R., Dell C. Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agriculture in the central USA // *Soil and Tillage Research.* 2005. V. 83. P. 73–94. DOI: [10.1016/j.still.2005.02.010](https://doi.org/10.1016/j.still.2005.02.010)
5. Lu F., Wang X., Han B., Ouyang Z., Duan, X., Zheng H., Miao H. Soil carbon sequestrations by nitrogen fertilizer application, straw return and no-tillage in China's cropland // *Global Change Biology.* 2009. V. 15. P. 281–305. DOI: [10.1111/j.1365-2486.2008.01743.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01743.x)
6. Powlson D. S., Bhogal A., Chambers B. J., Coleman K. Macdonald A. J. Goulding K. W. T., Whitmore A. P. The po-tential to increase soil carbon stocks through reduced tillage or organic material additions in England and Wales: A case study // *Agricul-ture, Ecosystems & Environment.* 2012. V. 146. P. 23–33. DOI: [10.1016/j.agee.2011.10.004](https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.10.004) EDN: PHUWPF
7. Иващенко К. В., Сушко С. В., Дворников Ю. А., Мирный Л. А., Орлова Л. В., Ананьева Н. Д., Непримерова С. В., Юдина А. В. Троц Н. М. Запасы почвенного органического углерода при нулевой обработке почвы в условиях среднего Поволжья // *Агрохимия.* 2023. №12. С. 47–56. DOI: [10.31857/S0002188123110066](https://doi.org/10.31857/S0002188123110066) EDN: VGFOLD
8. West T. O., Post W. M. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis // *Soil Science Soc of Amer J.* 2002. V. 66. P. 1930–1946. DOI: [10.2136/sssaj2002.1930](https://doi.org/10.2136/sssaj2002.1930)
9. Gifford R. M. Plant respiration in productivity models: conceptualisation, representation and issues for global terres-trial carbon-cycle re-search // *Functional Plant Biol.* 2003. V. 30. P. 171. DOI: [10.1071/FP02083](https://doi.org/10.1071/FP02083)
10. IPCC. Climate Change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergov-ernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2021. 3949 p.
11. Döscher R., Acosta M., Alessandri A., Anthoni P., Arsouze T., Bergman T., Bernardello R., Boussetta S., Caron L.-P., Carver, G. et al. The EC-Earth3 Earth system model for the coupled model intercomparison project 6 // *Geosci. Model Dev.* 2022. V. 15. P. 2973–3020. DOI: [10.5194/gmd-15-2973-2022](https://doi.org/10.5194/gmd-15-2973-2022) EDN: BIPXJU
12. Pittelkow C. M., Linquist B. A.; Lundy M. E., Liang X., Van Groenigen K. J., Lee J., Van Gestel N. Six J., Venterea R. T., Van Kessel C. When does no-till yield more? A global meta-analysis // *Field Crops Research.* 2015. V. 183. P. 156–168. DOI: [10.1016/j.fcr.2015.07.020](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.020) EDN: XY-PKTX

References

1. Chapin F. S., Woodwell G. M., Randerson J. T., Rastetter E. B., Lovett G. M., Baldocchi D. D., Clark D. A., Harmon M. E.; Schimel D. S.; Valentini R. et al. Reconciling carbon-cycle concepts, terminology, and methods // *Ecosystems* 2006. V. 9. P. 1041–1050. DOI: [10.1007/s10021-005-0105-7](https://doi.org/10.1007/s10021-005-0105-7) EDN: LVAPYX7.
2. Zhang S., Chen W., Wang Y., Li Q., Shi H., Li M., Sun Z., Zhu B., Seyoum G. Human interventions have enhanced the net ecosystem productivity of farmland in China // *Nat Commun.* 2024. V. 15. P. 10523. DOI: [10.1038/s41467-024-54907-6](https://doi.org/10.1038/s41467-024-54907-6) EDN: VZETRP.
3. Bono A., Alvarez R., Buschiazio D. E., Cantet R. J. C. Tillage effects on soil carbon balance in a semiarid agroecosystem // *Soil Science Soc of Amer J.* 2008. V. 72. P. 1140–1149. DOI: [10.2136/sssaj2007.0250](https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0250).
4. Johnson J., Reicosky D., Allmaras R., Sauer T., Venterea R., Dell C. Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agriculture in the central USA // *Soil and Tillage Research.* 2005. V. 83. P. 73–94. DOI: [10.1016/j.still.2005.02.010](https://doi.org/10.1016/j.still.2005.02.010).
5. Lu F., Wang X., Han B., Ouyang Z., Duan, X., Zheng H., Miao H. Soil carbon sequestrations by nitrogen fertilizer application, straw return and no-tillage in China's cropland // *Global Change Biology.* 2009. V. 15. P. 281–305. DOI: [10.1111/j.1365-2486.2008.01743.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01743.x)
6. Powlson D. S., Bhogal A., Chambers B. J., Coleman K. Macdonald A. J. Goulding K. W. T., Whitmore A. P. The potential to increase soil carbon stocks through reduced tillage or organic material additions in England and Wales: A case study // *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 2012. V. 146. P. 23–33. DOI: [10.1016/j.agee.2011.10.004](https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.10.004) EDN: PHUWPF
7. Ivashchenko, K. V., Sushko, S. V., Dvornikov, Yu. A., Mirny, L. A., Orlova, L. V., Ananyeva, N. D., Neprimerova, S. V., Yudina, A. V. Trots, N. M. Soil organic carbon stocks under no-tillage in the middle Volga region // *Agrohimia.* 2023. V. 12. P. 47–56. DOI: [10.31857/S0002188123110066](https://doi.org/10.31857/S0002188123110066) EDN: VGFOLD. (in Russian)
8. West T. O., Post W. M. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis // *Soil Science Soc of Amer J.* 2002. V. 66. P. 1930–1946. DOI: [10.2136/sssaj2002.1930](https://doi.org/10.2136/sssaj2002.1930).
9. Gifford R. M. Plant respiration in productivity models: conceptualisation, representation and issues for global terrestrial carbon-cycle re-search // *Functional Plant Biol.* 2003. V. 30. P. 171. DOI: [10.1071/FP02083](https://doi.org/10.1071/FP02083).
10. IPCC. Climate Change 2021: The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergov-ernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2021. 3949 p.
11. Döscher R., Acosta M., Alessandri A., Anthoni P., Arsouze T., Bergman T., Bernardello R., Boussetta S., Caron L.-P., Carver, G. et al. The EC-Earth3 Earth system model for the coupled model intercomparison project 6 // *Geosci. Model Dev.* 2022. V. 15. P. 2973–3020. DOI: [10.5194/gmd-15-2973-2022](https://doi.org/10.5194/gmd-15-2973-2022) EDN: BIPXJU.
12. Pittelkow C. M., Linquist B. A.; Lundy M. E., Liang X., Van Groenigen K. J., Lee J., Van Gestel N. Six J., Venterea R. T., Van Kessel C. When does no-till yield more? A global meta-analysis // *Field Crops Research.* 2015. V. 183. P. 156–168. DOI: [10.1016/j.fcr.2015.07.020](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.020) EDN: XY-PKTX

Информация об авторах:

К. В. Иващенко – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник;
С. В. Сушко – кандидат биологических наук, научный сотрудник;
А. В. Доброхотов – кандидат биологических наук, научный сотрудник;
Е. А. Захарова – младший научный сотрудник;
Д. А. Хорошаев – кандидат биологических наук, научный сотрудник;
Н. М. Троц – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник;
Л. В. Орлова – кандидат экономических наук.

Information about the authors:

K. V. Ivaschenko – Candidate of Biological Sciences;
S. V. Sushko – Candidate of Biological Sciences, Researcher;
A. V. Dobrokhotoy – Candidate of Biological Sciences, Researcher;
E. A. Zakharova – Junior Researcher;
D. A. Khoroshaev – Candidate of Biological Sciences, Researcher;
N. M. Trots – Doctor Of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher;
L. V. Orlova – Candidate of Economic Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 9.07.2025; одобрена после рецензирования 18.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.
The article was submitted 9.07.2025; approved after reviewing 18.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК: 633.367:631.8

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-11-16

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СОРТОВ ЛЮПИНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ

Марина Феликсовна Газзаева¹, Лариса Жураповна Басиева², Асланбек Хасанович Козырев^{3✉},
Валентина Батырбековна Цугкиева⁴, Элеонора Александровна Цагараева⁵

^{1, 2, 4, 5} Горский государственный аграрный университет, Владикавказ, Россия

³ Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Владикавказского научного центра РАН, с. Михайловское, Россия

¹ marina.gazzaeva2016@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8573-0428>

² alagirka@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0718-9056>

³ ironlag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>

⁴ tsugkieva.valya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2960-8266>

⁵ eleonorazag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1624-737X>

Резюме. Цель исследований – установить влияние различных технологических приемов выращивания на формирование высокопродуктивных агроценозов люпина. Исследования проведены в 2022–2024 гг. полевые эксперименты на черноземах выщелоченных в условиях предгорной зоны Центрального Предкавказья, характеризующейся как лесостепь с умеренно влажным климатом. Содержание гумуса в почвах опытного участка составляло 5,4%, легкогидролизуемого азота – 75 мг/кг, доступного фосфора – 90 мг/кг, подвижного калия – 150 мг/кг, уровень кислотности pH 5,8. В ходе исследований применялись классические методы организации опытов, ведения фенологических наблюдений и статистической обработки получаемой информации. Объектами исследований являлись сорта люпина Деснянский, Гамма и Снежеть. Установлено, что оптимизация системы питания люпина на основе фосфорно-мolibденовых соединений и предпосевной обработки семян ризоторфином, демонстрирует значительное увеличение урожайности семян: сорт Деснянский достиг урожайности 4,11 т/га, сорт Гамма – 3,34 т/га, а сорт Снежеть – 2,62 т/га, что превышает контрольные показатели на 42,4–46,3%. В разрезе сортоформ выделен сорт Деснянский, сформировавший в условиях предгорной зоны РСО-Алания урожай семян от 2,81 т/га при естественных условиях (контроль) и до 4,11 т/га – при оптимизации отдельных факторов среды. С урожаем семян люпина в контрольных вариантах было получено 614–989 кг/га белка в зависимости от сорта. В лучшем варианте прибавка по сорту Деснянский составила 502 кг/га или 50,8%, по сорту Гамма – 424 кг/га или 50,5%, по сорту Снежеть – 293 кг/га или 47,7%. Выявлено, что наиболее энергоэффективными в условиях предгорной зоны РСО-Алания являются посевы люпина сорта Деснянский при оптимизации условий питания растений макро- и микроэлементами, а также предпосевной инокуляции семян ризоторфином. В этом случае чистый энергетический доход, коэффициент энергетической эффективности и биоэнергетический коэффициент достигают своих максимальных значений.

Ключевые слова: люпин, сорта, макро- и микроэлементы, ризоторфин, урожайность, белок, энергетическая эффективность

Для цитирования: Газзаева М. Ф., Басиева Л. Ж., Козырев А. Х., Цугкиева В. Б., Цагараева Э. А. Продуктивность и качество сортов люпина в зависимости от условий питания // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 11–16.
DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-11-16

Original article

PRODUCTIVITY AND QUALITY OF LUPINE SEEDS DEPENDING ON NUTRITIONAL CONDITIONS

Marina F. Gazzaeva¹, Larisa Zh. Basieva², Aslanbek Kh. Kozyrev^{3✉}, Valentina B. Tsugkieva⁴, Eleonora A. Tsagaraeva⁵

^{1, 2, 4, 5} Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia.

³ North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – the Affiliate of Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, vil. Mikhailovskoe, Russia

¹ marina.gazzaeva2016@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8573-0428>

² alagirka@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0718-9056>

³ ironlag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>

⁴ tsugkieva.valya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2960-8266>

⁵ eleonorazag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1624-737X>

Abstract. The purpose of the research is to determine the effects of various fertilizers on lupine seed yield formation, quality, and energy efficiency of cultivation. Field experiments were conducted from 2022 to 2024 on leached chernozems in the foothill zone of Central Ciscaucasia, characterized as a forest-steppe with a moderately humid climate. The experimental site's soil contained 5.4% humus, 75 mg/kg of readily hydrolysable nitrogen, 90 mg/kg of available phosphorus, 150 mg/kg of mobile potassium, and had a pH level of 5.8. Classical methods of experimental design, phenological observations, and statistical data analysis were employed. The study focused on three lupine varieties: Desnyansky, Gamma, and Snezhnet. Results demonstrated that optimizing lupine nutrition through phosphorus-molybdenum compounds combined with pre-sowing seed inoculation using rhizotorphin significantly enhanced seed yields. The Desnyansky variety achieved 4.11 t/ha, Gamma 3.34 t/ha, and Snezhnet 2.62 t/ha, exceeding control values by 42.4–46.3%. Among cultivars, Desnyansky exhibited superior adaptability in the foothill conditions of the Republic of North Ossetia-Alania, producing yields ranging from 2.81 t/ha under natural conditions (control) to 4.11 t/ha with optimized environmental factors. Protein yield in control plots varied between 614–989 kg/ha depending on the cultivar. In the optimized treatment, protein increases reached 502 kg/ha (50.8%) for Desnyansky, 424 kg/ha (50.5%) for Gamma, and 293 kg/ha (47.7%) for Snezhnet. Energy efficiency analysis revealed that Desnyansky, under macronutrient and micronutrient optimization combined with rhizotorphin inoculation, achieved maximum values for net energy income (6.4 GJ/ha), energy efficiency coefficient (2.1), and bioenergy coefficient (4.7).

Keywords: lupine, cultivars, macronutrients, micronutrients, rhizotorphin, yield, protein, energy efficiency

For citation: Gazzayeva, M. F., Basiyeva, L. Zh., Kozyrev, A. Kh., Tsugkiyeva, V. B. & Tsagarayeva, E. A. (2025). Productivity and quality of lupine seeds depending on nutritional conditions. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 11-16. (In Russian). DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-4-11-16](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2025-10-4-11-16)

Одним из приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса России является создание прочной кормовой базы, для создания которой, в первую очередь, необходим посев высокоурожайных и высококачественных кормовых культур. Наиболее перспективными и эффективными, как с экономической, так и с агрономической, зоотехнической и экологической точек зрения, являются бобовые культуры [1, 2, 3].

Особое внимание уделяется люпину, который благодаря своей экологической пластичности и высокому адаптационному потенциалу занимает значимое место среди бобовых культур [4, 5, 6]. Люпин ценится за способность производить богатый белковый корм, превосходящий по питательным свойствам многие другие кормовые растения. Он содержит витамины, минералы, углеводы и микроэлементы, необходимые для полноценного питания сельскохозяйственных животных [7, 8, 9].

В последние годы растет интерес к методам земледелия, акцентирующим использование биологических механизмов питания растений. Одним из таких методов является повышение симбиотической фиксации азота клубеньковыми бактериями, что способствует снижению использования минеральных азотных удобрений. Это направление может стать альтернативой традиционным способам промышленного производства удобрений, что особенно актуально в условиях экологизации сельского хозяйства [10, 11, 12].

Цель исследований: установить влияние различных технологических приемов выращивания на формирование высокопродуктивных агроценозов люпина. На обсуждение в данной статье вынесены вопросы формирования урожайности семян люпина, их качества и энергетической эффективности возделывания в зависимости от макро- и микроудобрений и наличия активного штамма ризобий.

Материал и методы исследований. Исследования проводились в 2022-2024 гг. в условиях предгорной зоны РСО-Алания, характеризующейся как лесостепь с умеренно влажным климатом. Агроклиматические условия в период исследований были в пределах среднесезонных данных, типичными для зоны и характеризовались следующим образом: вегетационный период 2022 года был избыточно увлажненным в первые месяцы, особенно в июне, а конец лета (август) был засушливым, что привело к росту растений и задержке вегетации культуры. Вегетационный период 2023 года характеризовался засушливой весной и относительно умеренным летом. 2024 год был наиболее благоприятным для роста, развития и созревания люпина, так как гидротермические условия были близки к оптимальным и соответствовали средним многолетним значениям.

На экспериментальном участке почвы представлены чернозёмами выщелоченного типа, средней мощности, среднесуглинистые. Пахотный слой характеризуется содержанием гумуса на уровне 5,4%, легкогидролизуемого азота – 75 мг/кг, доступного фосфора – 90 мг/кг, подвижного калия – 150 мг/кг при уровне кислотности pH 5,8.

Объектами исследований являлись сорта люпина Деснянский, Гамма и Снежеть. Предмет исследований – урожайность, белковая продуктивность и энергетическая эффективность посевов люпина в условиях предгорной зоны РСО-Алания.

Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений, без обработки),
2. Ризоторфин (инокуляция семян препаратом ризоторфин Б),
3. Ризоторфин + P₂O₅ (оптимизация фосфорного питания),
4. Ризоторфин + P₂O₅ + Mo (оптимизация молибденового питания).

В ходе исследований применялись классические методы организации опытов, ведения фенологических наблюдений и статистической обработки получаемой информации. Полевые опыты проводились в 4-х кратной повторности с рандомизированным размещением вариантов. Посев семян проводился широкорядным способом (45 см), норма высева 600 тыс. всхожих семян/га, глубина посева 3...4 см, общая площадь делянки 36 м², учётная – 20,4 м². Предшествующей культурой была озимая пшеница.

Под основную обработку почвы вносили суперфосфат в количестве 150 кг/га. Семена предварительно обрабатывали раствором молибденово-кислого аммония из расчета 15 г молибдена на гектарную норму. Дополнительно семена инокулировали ризоторфином, используя дозировку 300 г на гектар.

Полевые опыты проводились согласно общепринятым методикам. Статистическая обработка полученных результатов проведена методом дисперсионного анализа с использованием программного пакета Microsoft.

Результаты исследований. В сельскохозяйственном производстве эффективность и целесообразность применения того или иного агротехнического приема определяется показателями продуктивности культуры, и, прежде всего, урожайностью хозяйственно-ценной части.

Результаты экспериментов подтверждают эффективность предпосевной инокуляции семян ризоторфином. Этот метод позволил увеличить урожайность сорта Деснянский на 0,59 т/га (20,9%), сорта Гамма – на 0,49 т/га (21,3%), а сорта Снежеть – на 0,39 т/га (21,2%). Значительный положительный эффект от инокуляции семян ризоторфином следует объяснить тем, что в выщелоченных чернозёмах опытного участка отсутствуют высококонкурентные штаммы ризобий, а местные аборигенные расы не обладают достаточной активностью и вирулентностью. Повышая размеры и активность симбиотического аппарата люпина, и, как следствие, улучшая обеспеченность растений биологически связанным азотом, данный агротехнический прием способствовал существенному улучшению условий формирования генеративных органов растений, т.е. семенной продуктивности (табл. 1).

Таблица 1

Влияние удобрений на урожайность семян люпина (среднее за 3 года), т/га

№	Варианты (фактор В)	Сорта (фактор А)		
		Деснянский	Гамма	Снежеть
1	Контроль	2,81	2,30	1,84
2	Ризоторфин	3,40	2,79	2,23
3	Ризоторфин + P ₂ O ₅	3,42	2,83	2,24
4	Ризоторфин + P ₂ O ₅ + Мо	4,11	3,34	2,62
		HCP ₀₅ (A) = 0,32; HCP ₀₅ (B) = 0,29; HCP ₀₅ (AB) = 0,48		

Оптимизация фосфорного питания давала несущественную прибавку к урожайности семян люпина – всего 0,01...0,04 т/га в зависимости от сорта, в то время как совместный эффект на фоне инокуляции семян составил 0,63; 0,53 и 0,40 т/га или 22,4; 23,0 и 21,7 % соответственно сортам Деснянский, Гамма и Снежеть. Сравнительная эффективность различных вариантов питания показала, что инокуляция семян намного превосходит использование только фосфорных удобрений, благодаря способности корней люпина усваивать труднодоступные соединения фосфора и дополнительное его внесение не вносит существенных изменений в режим питания растений.

Микроэлемент молибден, напротив, оказал значительное влияние на формирование урожайности семян люпина. Прибавка только от действия молибденовых удобрений составила по различным сортам 17,0-20,2% в сравнении с вариантом без его применения (3 вариант). Высокий эффект молибденовых удобрений объясняется, прежде всего, недостаточным содержанием его доступных форм в почвах опытного участка и связан с острой необходимостью симбиотическим систем бобовых растений в этом элементе. При нехватке молибдена нарушается синтез свободных аминокислот, подавляется образование леглобина в клубеньках, снижается активность биологической азотфиксации, что в итоге приводит к недобору урожая бобовых.

Максимальная эффективность изучаемых факторов отмечалась в варианте с совокупным их действием (4 вариант), где прибавки урожая семян в сравнении с контрольными вариантами составили: 1,30 т/га по сорту Деснянский, 1,04 т/га по сорту Гамма и 0,78 т/га по сорту Снежеть или 46,3; 45,2 и 42,4% в относительных величинах.

Анализируя урожайные данные в разрезе сортов, следует выделить сорт Деснянский, сформировавший в условиях предгорной зоны РСО-Алания урожай семян от 2,81 т/га при естественных условиях (контроль) и до 4,11 т/га – при оптимизации отдельных факторов среды, лимитирующих рост растений люпина.

Следовательно, улучшение питания растений люпина с применением фосфорно-молибденовых соединений в сочетании с предпосевной обработкой семян ризоторфином существенно повышает урожайность культуры. Этот приём позволяет увеличить сбор семян сорта Деснянский до 4,11 т/га, сорта Гамма до 3,34 т/га, а сорта Снежеть до 2,62 т/га, что соответствует приросту урожайности на 42,4-46,3% по сравнению с контрольными вариантами каждого сорта.

Изучаемые в исследованиях факторы оказывали существенное влияние и на качество получаемых семян. Так, если в контрольных вариантах содержание белка в семенах составило по сортам от 33,4 до 36,5%, то предпосевная инокуляция семян ризоторфином значимо увеличивала концентрацию белка на 0,6-0,7%. Данный эффект вызван за счёт улучшения питания растений биологически связанными формами азота (табл. 2).

Таблица 2

Влияние удобрений на концентрацию белка в семенах люпина (среднее за 3 года), %

№	Варианты (фактор В)	Сорта (фактор А)		
		Деснянский	Гамма	Снежеть
1	Контроль	35,2	36,5	33,4
2	Ризоторфин	35,8	37,2	34,0
3	Ризоторфин + P ₂ O ₅	35,9	37,4	34,1
4	Ризоторфин + P ₂ O ₅ + Мо	36,3	37,8	34,6
		HCP ₀₅ (A) = 0,64; HCP ₀₅ (B) = 0,38; HCP ₀₅ (AB) = 0,74		

Улучшение фосфорного питания способствовало приросту концентрации белка всего на 0,1-0,2%, что не подтвердило своей значимости согласно статистической обработке полученных данных. Напротив, улучшение молибденового питания существенно повысило концентрацию белка на 0,4-0,5%.

Максимальных показателей по содержанию белка в семенах изучаемые сорта люпина достигли при совокупном действии всех изучаемых факторов (4 вариант) – 36,3; 37,8; 34,6%, соответственно сортам Деснянский, Гамма и Снежеть. В разрезе сортотипов по качеству семян во всех вариантах отличился сорт Гамма с концентрацией белка от 36,5 до 37,8%.

Одним из ключевых показателей, характеризующих эффективность возделывания бобовых культур, является белковая продуктивность посевов, являющаяся функцией урожая и концентрации в нём белка (рис.).

Установлено, что в естественных чистых посевах (контроль) с урожаем семян люпина было получено 614-989 кг/га белка в зависимости от сорта. Предпосевная инокуляция семян ризоторфином увеличила сбор белка на 23,1-23,7%, применение фосфорных удобрений увеличило эффективность ещё на 0,4-0,8%. Максимальной белковой продуктивности удалось добиться в варианте с оптимизацией фосфорно-молибденового питания и обработкой семян активным штаммом ризобий. Прибавка белка составила 502 кг/га (50,8%) для сорта Деснянский, 424 кг/га (50,5%) для сорта Гамма и 293 кг/га (47,7%) для сорта Снежеть. Изучаемые факторы, за исключением фосфорных удобрений, показали значимый эффект.

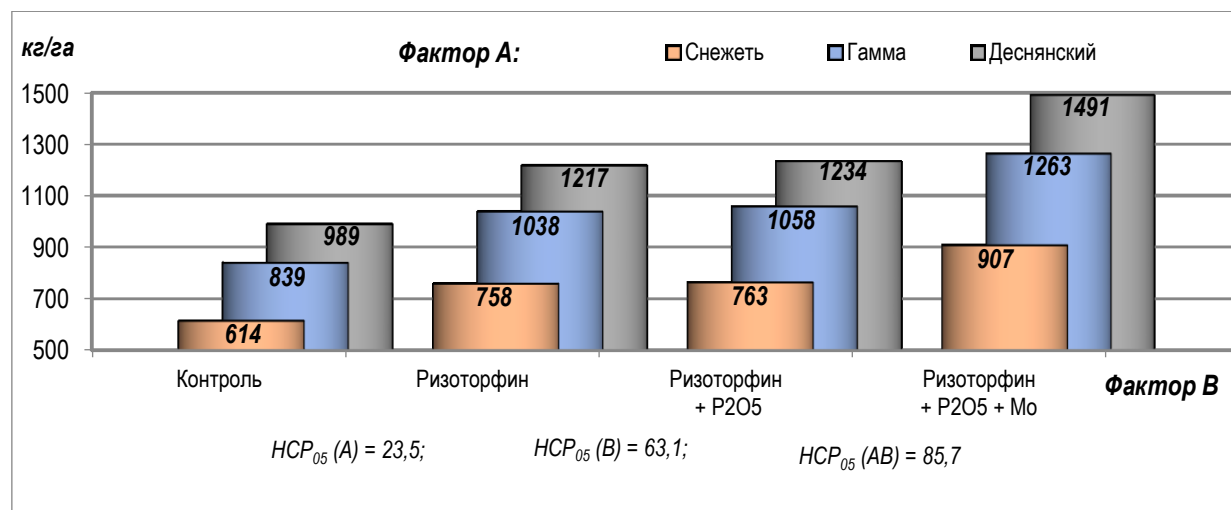


Рис. Влияние удобрений на сбор белка с урожаем люпина (в ср. за 3 года), кг/га

Анализируя данные белковой продуктивности в разрезе сортотипов люпина, следует отметить, что наиболее адаптированным к экологическим условиям предгорной зоны РСО-Алания оказался сорт Деснянский, обеспечивший сбор от 989 кг/га белка в контрольном варианте, что лучше показателей сорта Гамма на 17,9% и сорта Снежеть на 61,1%, и до 1491 кг/га белка, что выше показателей указанных сортов на 18,1 и 64,4% соответственно.

От качественных характеристик урожая сельскохозяйственных культур зависит его энергосодержание и показатели эффективности производства, рассчитываемые в энергетических единицах (табл. 3).

Таблица 3

Энергетическая эффективность возделывания сортов люпина (среднее за 3 года)

Показатели	Варианты			
	Контроль	Ризо-торфин	Ризоторфин + P ₂ O ₅	Ризоторфин + P ₂ O ₅ + Mo
сорт Деснянский				
Урожайность, т/га	2,81	3,40	3,44	4,11
Получено энергии, ГДж/га	59,57	72,08	72,93	87,13
Затрачено энергии, ГДж/га	20,57	20,58	20,66	20,68
*ЧЭД, ГДж/га	39,00	51,50	52,27	66,45
**КЭЭ	1,89	2,50	2,53	3,21
***БЭК посева	2,89	3,50	3,53	4,21
****ЭС семян, ГДж/т	7,32	6,05	6,00	5,03
сорт Гамма				
Урожайность, т/га	2,30	2,79	2,83	3,34
Получено энергии, ГДж/га	48,76	59,15	60,00	70,81
Затрачено энергии, ГДж/га	20,57	20,58	20,66	20,68
*ЧЭД, ГДж/га	28,19	38,57	39,34	50,13
**КЭЭ	1,37	1,84	1,90	2,42
***БЭК посева	2,37	2,87	2,90	3,42
****ЭС семян, ГДж/т	8,94	7,74	7,30	6,19
сорт Снежеть				
Урожайность, т/га	1,84	2,23	2,24	2,62
Получено энергии, ГДж/га	37,35	45,27	45,47	53,19
Затрачено энергии, ГДж/га	20,57	20,58	20,66	20,68
*ЧЭД, ГДж/га	16,78	24,69	24,81	32,51
**КЭЭ	0,82	1,19	1,20	1,57
***БЭК посева	1,82	2,19	2,20	2,57
****ЭС семян, ГДж/т	11,18	9,23	9,22	7,98

*ЧЭД – чистый энергетический доход; **КЭЭ – коэффициент энергетической эффективности; ***БЭК – биоэнергетический коэффициент; ****ЭС – энергетическая себестоимость

Суммарное энергосодержание в единице урожая семян, согласно справочным данным (для белого люпина – 52%, 38% и 10%, а для узколистного – 58%, 36% и 6% от АСВ), составило на уровне 20,3-21,2 ГДж/т. Проведенные расчеты показали, что с урожаем семян люпина было получено 59,57-87,13 ГДж/га энергии у сорта Деснянский, 48,76-70,81 ГДж/га энергии у сорта Гамма и 37,35-53,19 ГДж/га энергии у сорта Снежеть.

Структура энергозатрат при возделывании различных сортов люпина составила 20,57...20,68 ГДж/га в зависимости от применяемых агроприемов, в том числе: обработка почвы, посев, уборка урожая – 17,92; семена – 0,24; инокуляция семян – 0,01; обработка семян, Мо – 0,02; живой труд – 0,03; внесение P₂O₅ – 0,08; транспортные расходы – 2,38 ГДж/га.

Чистый энергетический доход по вариантам опыта в наших экспериментах варьировал в пределах 16,78 ГДж/га в контрольном варианте сорта Снежень, до 66,45 ГДж/га в варианте совместного применения макро- и микроэлементов на фоне инокуляции семян ризоторфином у сорта Деснянский.

Коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ), отражающий отношение энергетической части прибыли к затратной, составил 0,82-1,57 в агроценозах сорта Снежень, 1,37-2,42 – у сорта Гамма и 1,89-3,21 – у сорта Деснянский, увеличиваясь от первого варианта к четвертому, т.е. по мере улучшения условий питания растений.

Биоэнергетический коэффициент посева, отражающий степень окупаемости энергозатрат, наименьшим был в агроценозах сорта Снежень – 1,82-2,57. В посевах сорта Гамма БЭК посева увеличился на 0,55-0,85 единиц. Максимального уровня БЭК достиг в агроценозах сорта Деснянский – 2,89-4,21, что в 1,2 и 1,6 раз превосходит показатели сортов Гамма и Снежень.

Следует также отметить, что биоэнергетический коэффициент посева возрастал при улучшении условий произрастания растений люпина: на 0,75 единиц у сорта Снежень, на 1,05 единиц – сорта Гамма и 1,42 единицы – у сорта Деснянский.

Важным показателем энергетической оценки приемов возделывания сельскохозяйственных растений является энергетическая себестоимость единицы получаемой продукции. Максимальная себестоимость семян люпина была получена в контрольных вариантах каждого сорта и составила 7,32...11,18 ГДж/т. Кроме того, предпосевная обработка семян ризоторфином оказалась экономически выгодной, снизив себестоимость семян: на 13,4% для сорта Гамма, на 17,3% для сорта Деснянский и на 17,4% для сорта Снежень. Оптимизация фосфорного питания дополнительно уменьшила затраты на 0,1-0,9%. Минимальная себестоимость получаемых семян люпина была отмечена в варианте совместного действия фосфорных и молибденовых удобрений на фоне инокуляции ризоторфином – 5,03-7,98 ГДж/т, что на 28,6-31,3% меньше показателей контрольных вариантов. При анализе энергетической себестоимости семян в разрезе сортов выделился сорт Деснянский, показавший энергетически наиболее выгодную себестоимость.

Сравнительная оценка энергетической эффективности технологических приемов возделывания различных сортов люпина показала, что наиболее энергоэффективными являются посевы сорта Деснянский при оптимизации условий питания растений макро- и микроэлементами (Р и Мо), а также предпосевной инокуляции семян активными штаммами ризобий. В варианте «Ризоторфин + P_2O_5 + Мо» достигнуты максимальные значения чистого энергетического дохода (66,45 ГДж/га), коэффициента энергетической эффективности (3,21) и биоэнергетического коэффициента (4,21), а энергетическая себестоимость семян снизилась до минимальных 5,03 ГДж/т.

Заключение. Оптимизация агротехнологических приемов, включая предпосевную обработку семян активным штаммом ризобий и улучшение системы питания, позволяет существенно повысить урожайность семян люпина. Наиболее высокие результаты были получены для сорта Деснянский, который в условиях предгорной зоны Республики Северная Осетия-Алания увеличил урожай с 2,81 т/га (контроль) до 4,11 т/га при оптимизации условий.

С урожаем семян люпина в контрольных вариантах было получено 614-989 кг/га белка в зависимости от сорта. Наибольшая белковая продуктивность была достигнута при оптимизации питания и инокуляции семян. В частности, сорт Деснянский продемонстрировал увеличение белковой урожайности на 502 кг/га (50,8%), сорт Гамма – на 424 кг/га (50,5%), а сорт Снежень – на 293 кг/га (47,7%). При этом наиболее значимый эффект зафиксирован от использования активного штамма ризобий.

В предгорной зоне Республики Северная Осетия-Алания наиболее энергоэффективным решением является выращивание люпина сорта Деснянский при комплексной оптимизации макро- и микроэлементного питания и обработке семян ризоторфином. Этот подход обеспечивает максимальные показатели энергетической эффективности: чистый энергетический доход составил 66,45 ГДж/га, коэффициент энергетической эффективности достиг 3,21, а биоэнергетический коэффициент – 4,21. Кроме того, себестоимость энергии на единицу продукции снизилась до 5,03 ГДж/т, что делает данный метод агротехнически и экономически выгодным.

Список источников

1. Пимохова Л. И., Мисникова Н. В., Яговенко Г. Л. [и др.] Мониторинг патогенной микрофлоры в посевном материале сортов люпина белого и узколистного в условиях Брянской области // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 6. С. 47-54. DOI: [10.53859/02352451_2022_36_6_47](https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_6_47) EDN: CURVWC
2. Наумкин В. Н., Лукашевич М. И., Киселева С. Г., Блинник А. С., Артемова О. Ю. Урожайность и качество новых сортов и сортообразцов люпина белого в условиях Белгородской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 3(47). С. 90-95. DOI: [10.24412/2309-348X-2023-3-90-95](https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-3-90-95) EDN: MJCPYJ
3. Ястребова А. В., Рябова Т. Н., Коконов С. И. Урожайность зерна люпина узколистного в зависимости от развития клубеньковых бактерий // Кормопроизводство. 2023. № 8. С. 7-9. DOI: [10.25685/krm.2023.8.2023.002](https://doi.org/10.25685/krm.2023.8.2023.002) EDN: EAMLYI
4. Лыбенко Е. С., Емелев С. А. Зеленая масса сортов люпина узколистного как источник почвенного плодородия // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024. Т. 19, № 4. С. 618-630. DOI: [10.22363/2312-797X-2024-19-4-618-630](https://doi.org/10.22363/2312-797X-2024-19-4-618-630) EDN: AXCTRL
5. Блинник А. С., Демидова А. Г., Лукашевич М. И. [и др.] Сравнительное испытание сортов и образцов люпина белого селекции ВНИИ люпина в центрально-чернозёмном регионе // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 3(43). С. 41-49. DOI: [10.24412/2309-348X-2022-3-41-49](https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-3-41-49) EDN: SXDCVU
6. Блинник А. С., Демидова А. Г., Лукашевич М. И. [и др.] Оценка коллекции сортов и образцов люпина белого по адаптивности, урожайности и качеству семян // Кормопроизводство. 2022. № 6. С. 27-33. DOI: [10.25685/krm.2022.2022.6.004](https://doi.org/10.25685/krm.2022.2022.6.004) EDN: UNRVGL
7. Агеева П. А., Матюхина М. В., Почутина Н. А., Громова О. М. Результаты оценки сортов узколистного люпина по хозяйственно ценным признакам и адаптивности в условиях Брянской области // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 5. С. 15-17. DOI: [10.30850/vrsn/2021/5/15-17](https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/5/15-17) EDN: GWBRGL
8. Новик Н. В., Якуб И. А., Лебедев А. А. Сорт Фрегат как результат реализации зелено-укосного направления в селекции люпина желтого // Кормопроизводство. 2024. № 8. С. 3-8. DOI: [10.30906/1562-0417-2024-8-3-8](https://doi.org/10.30906/1562-0417-2024-8-3-8) EDN: MVOBFF

9. Ступницкий Д. Н., Бопп В. Л., Мистратова Н. А. Оценка продуктивности одновидовых и бинарных посевов с люпином для органического земледелия // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 4(71). С. 86-92. DOI: [10.53914/issn2071-2243_2021_4_86](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_86) EDN: ASIMIE
10. Агеева П. А., Почутина Н. А., Мисникова Н. В. Изучение современного генофонда узколистного люпина по элементам продуктивности и морфобиологическим свойствам // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 2. С. 41-52. DOI: [10.32417/1997-4868-2023-231-02-41-52](https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-231-02-41-52) EDN: KJFWUL
11. Агеева П. А., Почутина Н. А. Перспективный кормовой сорт люпина Узколистный 53 // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2025. Т. 55, № 1(314). С. 52-59. DOI: [10.26898/0370-8799-2025-1-6](https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-1-6) EDN: RKJWQA
12. Яговенко Г. Л., Яговенко Т. В., Слесарева Т. Н. [и др.] Использование новых форм удобрений для повышения урожайности и качества зерна люпина белого // Зерновое хозяйство России. 2022. № 1(79). С. 89-94. DOI: [10.31367/2079-8725-2022-79-1-89-94](https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-79-1-89-94) EDN: LVIYVJ

References

1. Pimokhova, L. I., Misnikova, N. V., Yagovenko, G. L. et al. (2022). Monitoring of pathogenic microflora in the inoculum of white and narrow-leaved lupine varieties in the Bryansk region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK (Achievements of science and technology of the agro-industrial complex)*, 36(6), 47-54. DOI: [10.53859/02352451_2022_36_6_47](https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_6_47) EDN: CURVWC (In Russian).
2. Naumkin, V. N., Lukashevich, M. I., Kiselyova, S. G., Blinnik, A. S., & Artemov, O. Yu. (2023). Yield and quality of new varieties and varieties of white lupine in the Belgorod region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury (Legumes and cereals)*, 3(47), 90-95. DOI: [10.24412/2309-348X-2023-3-90-95](https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-3-90-95) EDN: MJCPYJ (in Russian).
3. Yastrebova, A. V., Ryabova, T. N. & Kokonov, S. I. (2023). Yield of narrow-leaved lupine grain depending on the development of nodular bacteria. *Kormoproizvodstvo (Feed production)*, 8, 7-9. DOI: [10.25685/krm.2023.8.2023.002](https://doi.org/10.25685/krm.2023.8.2023.002) EDN: EAMLYI (in Russian).
4. Lybenko, E. S. & Emelev, S. A. (2024). Green mass of narrow-leaved lupine varieties as a source of soil fertility. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo (Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and animal husbandry)*, 19(4), 618-630. DOI: [10.22363/2312-797X-2024-19-4-618-630](https://doi.org/10.22363/2312-797X-2024-19-4-618-630) EDN: AXCRTL (in Russian).
5. Blinnik, A. S., Demidova, A. G., Lukashevich, M. I. et al. (2022). Comparative testing of varieties and samples of white lupine selected by the All-Russian Research Institute of Liu-Ping in the Central Black Earth Region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury (Leguminous and cereal crops)*, 3(43), 41-49. DOI: [10.24412/2309-348X-2022-3-41-49](https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-3-41-49) EDN: SXDCVU (in Russian).
6. Blinnik, A. S., Demidova, A. G., Lukashevich, M. I. et al. (2022). Evaluation of the collection of varieties and samples of white lupine by adaptability, yield and quality of seeds. *Kormoproizvodstvo (Feed production)*, 6, 27-33. DOI: [10.25685/krm.2022.6.004](https://doi.org/10.25685/krm.2022.6.004) EDN: UNRVGL (in Russian).
7. Ageeva, P. A., Matyukhina, M. V., Pochutina, N. A. & Gromova, O. M. (2021). Results of evaluation of narrow-leaved lupine varieties according to economically valuable features and adaptability in the conditions of the Bryansk region. *Vestnik rossijskoj sel'skokhozyajstvennoj nauki (Bulletin of Russian Agricultural Science)*, 5, 15-17. DOI: [10.30850/vrsn/2021/5/15-17](https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/5/15-17) EDN: GWBRGL (in Russian).
8. Novik, N. V., Yakub, I. A. & Lebedev, A. A. (2024). Variety Frigate as a result of the implementation of the green-slant direction in the selection of yellow lupine. *Kormoproizvodstvo (Feed production)*, 8, 3-8. DOI: [10.30906/1562-0417-2024-8-3-8](https://doi.org/10.30906/1562-0417-2024-8-3-8) EDN: MVOBFF (in Russian).
9. Stupnitsky, D. N., Bopp, V. L. & Mistratova, N. A. (2021). Assessment of the productivity of single-species and binary crops with lupine for organic farming. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Bulletin of the Voronezh State State Agrarian University)*, 14, 4 (71), 86-92. DOI: [10.53914/issn2071-2243_2021_4_86](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_86) EDN: ASIMIE (in Russian).
10. Ageeva, P. A., Pochutina, N. A. & Misnikova, N. V. (2023). Study of the modern gene pool of narrow-leaved lupine by productivity elements and morphobiological properties. *Agrarnyj vestnik Urala (Agrarian Bulletin of the Urals)*, 23(2), 41-52. DOI: [10.32417/1997-4868-2023-231-02-41-52](https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-231-02-41-52) EDN: KJFWUL (in Russian).
11. Ageeva, P. A. & Pochutina, N. A. (2025). Promising fodder variety of lupine Narrow-leaved 53. *Sibirskij vestnik sel'skokhozyajstvennoj nauki (Siberian Bulletin of Agricultural Science)*, 55, 1 (314), 52-59. DOI: [10.26898/0370-8799-2025-1-6](https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-1-6) EDN: RKJWQA (in Russian).
12. Yagovenko, G. L., Yagovenko, T. V., Slesareva, T. N. et al. (2022). The use of new forms of fertilizers to increase the yield and quality of white lupine grain. *Zernovoe khozyajstvo Rossii (Grain farming in Russia)*, 1(79), 89-94. DOI: [10.31367/2079-8725-2022-79-1-89-94](https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-79-1-89-94) EDN: LVIYVJ (in Russian).

Информация об авторах:

М. Ф. Газзаева – аспирант;
 Л. Ж. Басиева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
 А. Х. Козырев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
 В. Б. Цугкиева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
 Э. А. Цагараева – доктор биологических наук, доцент.

Information about the authors:

M. F. Gazzaeva – Graduate Student;
 L. Zh. Basieva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
 A. Kh. Kozyrev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
 V. B. Tsugkieva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
 E. A. Tsagaraeva – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 22.07.2025; одобрена после рецензирования 29.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.
 The article was submitted 22.07.2025; approved after reviewing 29.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 633.1: 633.16: 581.134.1

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-17-22

ВЛИЯНИЕ НАВОЗА И БИОСТИМУЛЯТОРА НА УРОЖАЙНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ РАСТЕНИЙ И ЗЕРНА СОИНаталья Павловна Бакаева^{1✉}, Борис Алексеевич Демидюк²^{1,2} Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия¹ bakaevanp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4784-2072>² borisdemiduk@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-8867-5812>

Резюме. Представлены результаты влияния внесения навоза и ростостимулирующего удобрения Аминоката на урожайность и содержание белка, жира, клетчатки, сухого вещества, золы зеленой массы растений в фазах бутонизации и бобообразования, а также в зерне сои. Действие навоза и Аминоката на изученные показатели было положительным. Содержание белка и жира в зеленой массе растений, по сравнению с навозом, было большим при воздействии Аминоката на 1,6% и до 1,5 раза. На содержание клетчатки воздействие изучаемых удобрений оказалось в равной степени – до 7%. Воздействие навоза по сравнению с Аминокатом на содержание сухого вещества было большим на 14%, на содержание золы меньшим – до 30%. Сравнительный анализ величин, полученных в физиологических фазах, показал, что в фазу бобообразования содержание белка и жира было выше на 12,5-11,0%, клетчатки превышение было незначительным на 0,3%, а содержание сухого вещества и золы уменьшилось на 2,9 и 7,0%, соответственно. Величина урожайности зерна и содержание жира, по сравнению с неудобренным фоном имели значения выше при применении ростостимулирующего, органоминерального удобрения Аминоката во II концентрации на 14,1 и 9,4%, и по сравнению с навозом на 4,5% и 2,6%, соответственно. На содержания белка, клетчатки и золы в зерне сои оказал большее воздействие навоз, по сравнению с неудобренным фоном, на 5,4; 16,3 и 9,0%, и с Аминокатом, на 0,9; 1,5 и 0,6%, соответственно. В засушливых условиях среднего Поволжья для эффективного выращивания сои – это применение технологий возделывания культуры, адаптированных к условиям региона с применением органических, ростостимулирующих, органоминеральных удобрений.

Ключевые слова: соя, органическое удобрение, ростостимулирующий препарат, зеленая масса растений, биохимические показатели, зерно, урожайность, Аминокат

Для цитирования: Бакаева Н. П., Демидюк Б. А. Влияние навоза и биостимулятора на урожайность и химический состав зеленой массы растений и зерна сои // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4, С. 17-22 DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-17-22

Original article

THE EFFECT OF MANURE AND BIOSTIMULATOR ON THE YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE GREEN MASS OF PLANTS AND SOYBEANSNatalia P. Bakaeva^{1✉}, Boris A. Demidyuk²^{1,2} Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara Region, Russia¹ bakaevanp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4784-2072>² borisdemiduk@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-8867-5812>

Abstract. The results of the effect of manure and the growth-stimulating fertilizer Aminokat on the yield and content of protein, fat, fiber, dry matter, and ash in the green mass of plants in the phases of budding and bean formation, as well as in soybean grain, are presented. The effect of manure and Aminokat on the studied indicators was positive. The content of protein and fat in the green mass of plants was higher than in the case of manure, with an increase of 1.6% and up to 1.5 times when exposed to Aminokat. The effect of the studied fertilizers on the content of fiber was equal – up to 7%. The effect of manure on the content of dry matter was greater by 14% compared to Aminokat, and the effect on the content of ash was less – up to 30%. A comparative analysis of the values obtained in the physiological phases showed that the protein and fat content was higher by 12.5-11.0% in the legume formation phase, the fiber content was slightly higher by 0.3%, and the dry matter and ash content decreased by 2.9% and 7.0%, respectively. The grain yield and fat content were higher when the growth-stimulating, organic-mineral fertilizer Aminokat was applied at a concentration of 14.1% and 9.4%, respectively, compared to the control, and 4.5% and 2.6%, respectively, compared to manure. The content of protein, fiber, and ash in soybean grain was affected more by manure than by the non-fertilized background, by 5.4; 16.3, and 9.0%, and by Aminokat, by 0.9; 1.5, and 0.6%, respectively. In the arid conditions of the Middle Volga region, the most effective way to grow soybeans is to use cultivation technologies that are adapted to the region's conditions and involve the use of organic, growth-stimulating, and organomineral fertilizers.

Keywords: soybean, organic fertilizer, growth-stimulating preparation, plant green mass, biochemical indicators, grain, and yield, Aminokat

For citation: Bakaeva, N. P. & Demidyuk, B. A. (2025). The effect of manure and biostimulator on the yield and chemical composition of the green mass of plants and soybeans. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 10, 4. 17-22. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-17-22 (in Russian.)

Соя в России возделывается на Дальнем Востоке, а также в европейской части, в Краснодарском, Ставропольском краях и Поволжье. Значение сои как продовольственной культуры состоит в уникальном химическом составе семян [1]. Они содержат 27-50% белка, 15-28% масла, 14,0-33,2% углеводов, небольшое количество клетчатки и 3,6-6,4% золы. Содержание минеральных солей варьирует от 3,2 до 4,2%, кальция от 320 до 350 мг, железа от 9,2 до 14,9 мг и фосфора от 580 до 630 мг на 100 г сухого вещества. Семена сои богаты витаминами. Соевый белок состоит на 88-90% из водорастворимых белков,

которые гораздо лучше усваиваются организмом человека, он является полноценным, т.к. содержит все необходимые для питания аминокислоты, в том числе, восемь незаменимых — изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, триптофан, треонин и валин. Соевое масло характеризуется высоким содержанием незаменимых жирных кислот, таких как линолевая и линоленовая, они являются полиненасыщенными жирными кислотами легко усваиваются организмом. Но, в семенах сои содержатся и некоторые антипитательные вещества — это ингибиторы трипсина, которые препятствуют перевариванию белка желудком человека и животных, однако замачивание на 12 часов и температурное воздействие при варке в течение 3-4 ч полностью разрушают ингибиторы трипсина. Считается, что антипитательные компоненты — ингибиторы трипсина, олигосахариды, изофлавоны, фитаты и др., выделенные из зерна сои, являются эффективными средствами для лечения и профилактики целого ряда заболеваний [2].

Сою возделывали в условиях среднего Поволжья в неорошаемых условиях, с применением органического удобрения навоза и ростостимулирующего, органоминерального удобрения Аминоата 10, для изучения их влияния на рост, развитие и формирование зерна [3]. В основе продуктивности сельскохозяйственных культур лежит синтез метаболитов, проходящий в растущих растениях и реализуемый с помощью различных физиологических процессов, изучение которых дает понимание закономерностей формирования урожая и его величины [3, 4]. Анализ происходящих процессов, протекающих от фазы к фазе физиологического развития, способствует отбору показателей в полной мере раскрывающих адаптационный потенциал с одной стороны, а с другой — неизменность метаболитов в развивающихся растениях [5]. Растянутый период генеративного развития, совмещенный с вегетативным ростом, и особенности процессов азотфиксации делают зернобобовые культуры чувствительными к стрессовым факторам среды [6]. Отсюда, динамические процессы накопления и перераспределения веществ в зеленых растениях зернобобовых культур являются ключевыми в понимании формирования продуктивности [7]. Изучение взаимозависимостей и связей биохимических показателей качества зеленой части растений и зерна сои [8] для установления их вклада в урожайность зерна в условиях Среднего Поволжья, является актуальной задачей.

Цель исследований: определить влияние органического удобрения — навоза и ростостимулирующего, органоминерального удобрения Аминоата 10 на урожайность и содержание белка, жира, клетчатки, сухого вещества, золы зеленой массы растений в фазах бутонизации и бобообразования, а также в зерне сои.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2021-2023 годах. Погодные условия, сложившиеся за годы исследования, отличались от среднеемноголетних значений и характеризовались как не совсем благоприятные, но давшие возможность получить хороший урожай [9]. Данный опыт проходил на территории Тереньгульского района который располагается на границе Самарской области.

Сорт сои Самер 1. (*Glycine max* (L.) Merr.) Группа: Масличные. Срок созревания раннеспелый, Высота растения 65 см. Содержание белка 27,4-37,6%. Масса 1000 зерён 124,0-166,6 г. Масличность 21,7-24,2%. Включен в Госреестр по Средне-вожскому (7) региону. [10]. Урожайность сои сорта Самер1 в богарных условиях лесостепи Среднего Поволжья в 2016-2018 гг. составила 2,00-2,21 т/га [10]. В опыте, проводимом в Самарском ГАУ, высевался районированный сорт сои Самер 1, в 2020 г. получена урожайность 1,26 т/га [11].

Агротехника на опытном участке соответствовала общепринятой для возделывания сои в данной зоне [12]. Посев проводился в оптимальные сроки — первую декаду мая [11]. Посевная площадь делянки 80 м², учетная — 1 м², повторность трехкратная. Изучались: фон без удобрений (естественный), фон с разбрасыванием навоза 30 т/га [12], применение антистрессового биологически активного препарата Аминокат 10 [13], в трех увеличивающихся концентрациях.

Навоз содержит до 0,2-0,3% азота, 75-90% органического вещества, в том числе гуминовых кислот и других легко и трудно разлагающихся компонентов. Перепревший навоз вносили 30 т/га в физическом весе перед посевом.

Аминокат (Aminocat) 10% — это ростостимулирующее, органоминеральное удобрение на основе экстракта морских водорослей, обогащенное аминокислотами, азотом, фосфором и калием для стимуляции роста и развития растений [14]. Состав: азот (N) — 3%; фосфор (P₂O₅) — 1%; калий (K₂O) — 1%; свободные аминокислоты (до 16 наименований) — 10%. Очень быстро восстанавливает иммунитет, активизирует физиологические процессы и стимулирует развитие растений. Концентрация, которая рекомендуется производителем — 2,5 л/га или 0,25 мл на 1 м² (I концентрация), для получения необходимой концентрации 25 мл препарата выливали в 10 л воды. Приготовленный раствор рассчитан на 100 м². Соответственно, увеличивающаяся двукратная (II) 0,5 мл на 1 м² и трехкратная (III) 0,75 мл на 1 м². Обработка производилась однократно, когда растения достигали 7-10 см в высоту [13].

Определение биохимических показателей качеств зелёных растений и зерна проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (ГОСТ 9353-2016 «Пшеница. Технические условия») [15, 16] в аккредитованной испытательной аналитической лаборатории «Центр».

Математическую обработку полученных результатов осуществляли, используя дисперсионный анализ по методике Б. А. Доспехова [16] с применением компьютерной программы STAT-1.

Результаты исследований. Результаты определения биохимических показателей зеленой массы растений, в зависимости от применения навоза и Аминоката 10 представлены в таблице 1.

В фазе бутонизации в варианте без удобрений, содержание белка в зеленой массе растений находилось на уровне 11,3%, применение навоза увеличило содержание белка на 11,5%. Аминокат способствовал увеличению белка на 2,7% в I концентрации, на 13,3% во II концентрации, на 10,1% при III концентрации или на 8,8%, в среднем. По сравнению с неудобренным фоном, наибольшее превышение содержания белка отмечалось при применении навоза и II концентрации Аминоката, причем действие Аминоката превышало действие навоза на 1,6%.

Содержание жира при применении навоза по сравнению с вариантом без удобрений превосходило на 3,6%, при применении II концентрации Аминоката – на 4,3%, превышение действия Аминоката относительно навоза составило на 0,6%.

Таблица 1

Содержание биохимических показателей – белка, жира, клетчатки, сухого вещества и золы
в зеленой массе растений сои сорта Самер1, в среднем за период изучения

Вариант обработки		Белок, %	Жир, %	Клетчатка, %	Сухое вещество, %	Зола, %
Фаза бутонизация						
Без удобрений		11,3	3,04	29,0	16,7	7,82
Навоз, 30 т/га		12,6	3,15	31,0	17,5	8,03
Аминокат, 10%	25 мл/100 м ²	11,6	3,02	29,7	16,8	8,04
	50 мл/100 м ²	12,8	3,17	31,0	17,2	8,51
	75 мл/100 м ²	12,5	3,15	30,2	17,0	8,22
Среднее по Аминокату		12,3	3,11	30,3	17,0	8,25
Фаза бобообразования						
Без удобрений		12,7	3,35	29,1	16,2	7,06
Навоз, 30 т/га		14,2	3,47	31,1	17,0	7,28
Аминокат, 10%	25 мл/100 м ²	13,1	3,41	29,8	16,4	7,31
	50 мл/100 м ²	14,4	3,52	31,1	16,9	7,91
	75 мл/100 м ²	14,1	3,44	30,3	16,7	7,72
Среднее по Аминокату		13,9	3,46	30,4	16,7	7,64
Коэффициент вариации, Cv, %		8,6	4,9	6,9	7,3	4,1

Определение клетчатки, сухого вещества и золы, по сравнению с неудобренным фоном, при воздействии навоза показало, что содержание были выше на 6,9; 4,8 и 2,7%, соответственно. Применение Аминоката во II концентрации превысило значение по сравнению с неудобренным фоном, на 6,9; 3,0 и 8,8%, соответственно. По сравнению с неудобренным фоном, содержание клетчатки имело одинаковые показатели, как при применении навоза, так и при внесении Аминоката. Сухого вещества содержалось больше при воздействии навоза, чем при Аминокате в 1,8 раза. Превышение содержания золы отмечалось при применении II концентрации Аминоката, по сравнению с навозом, превышение составило 30,7%.

Так, в фазе бутонизации, при определении всех изученных параметров, из применявшихся трех концентраций Аминоката, наибольшее действие оказала II концентрация, по сравнению с вариантом без удобрений. При сравнении действия навоза и Аминоката на содержание белка и жира воздействие было большим у Аминоката на 1,6% и 0,6%, соответственно. На содержание клетчатки воздействие оказалось в равной степени на 6,9%. На содержание сухого вещества воздействие навоза было большим на 1,8 раза, на содержание золы воздействие оказалось большим Аминоката на 30,7%.

В фазе бобообразования в варианте без удобрений, содержание белка в зеленой массе растений находилось на уровне 12,7%, применение навоза увеличило содержание белка на 11,8%. Аминокат способствовал увеличению белка на 3,1% в I концентрации, на 13,4% во II концентрации, на 11,0% при III концентрации или на 9,4%, в среднем. По сравнению с неудобренным фоном, наибольшее превышение содержания белка отмечалось при применении навоза и II концентрации Аминоката, причем действие Аминоката превышало действие навоза на 1,6%.

Содержание жира при применении навоза по сравнению с вариантом без удобрений превосходило на 3,6%, при применении II концентрации Аминоката – на 5,1%, превышение действия Аминоката относительно навоза составило 1,5 раза.

Определение клетчатки, сухого вещества и золы, по сравнению с неудобренным фоном, при воздействии навоза показало, что содержание были выше на 7,0; 4,9 и 3,1%, соответственно. Применение Аминоката во II концентрации превысило значение по сравнению с неудобренным фоном, на 7,0; 4,3 и 12,0%, соответственно. По сравнению с неудобренным фоном, содержание клетчатки имело одинаковые показатели, как при применении навоза, так и при применении Аминоката. Сухого вещества содержалось больше при воздействии навоза, чем Аминоката в 14,0%. Превышение содержания золы отмечалось при применении II концентрации Аминоката, по сравнению с навозом, превышение составило 6,0%.

Так, в фазе бобообразования, при определении содержания всех изученных параметров, из применявшихся трех концентраций Аминоката, наибольшее действие оказала II концентрация, по сравнению с вариантом без удобрений. При сравнении оказания действия применения навоза и Аминоката, то на содержание белка и жира воздействие было большим у Аминоката на 1,6% и 1,5 раза, соответственно. На содержание клетчатки воздействие оказалось в равной степени на 7,0%. На содержание сухого вещества воздействие навоза было большим на 14,0%, на содержание золы воздействие оказалось большим Аминоката на 6,0%.

Таким образом, как в фазе бутонизации, так и бобообразования изученные показатели имели большее значение при воздействии навоза и Аминоката в трех изученных концентрациях по сравнению с вариантом без удобрений. Содержание белка и жира в зеленой массе растений было большим при воздействии Аминоката, по сравнению с навозом на 1,6% и до 1,5 раза. На содержание клетчатки воздействие оказалось в равной степени до 7%. На содержание сухого вещества воздействие навоза было большим до 14%, на содержание золы воздействие оказалось большим Аминоката до 30%.

Сравнительный анализ величин, полученных в фазы бутонизации и бобообразования, показал, что содержание белка и жира увеличилось на 12,5 и 11,0%, клетчатки увеличилось незначительно на 0,3%, а содержание сухого вещества и золы уменьшилось на 2,9 и 7,0%, соответственно.

Результаты изучения урожайности, содержания белка, жира, клетчатки и золы в зерне сои в зависимости от применения навоза и Аминоката представлены в таблице 2.

Таблица 2

Урожайность и биохимические показатели качества зерна сои полной спелости, в среднем за период изучения

Вариант обработки		Урожайность,		Белок, %	Жир, %	Клетчатка, %	Зола, %
		т/га	±				
Без удобрений		12,1	–	33,1	18,1	5,02	6,01
Навоз, 30 т/га		13,2	+1,1	34,9	19,3	5,84	6,55
Аминокат, 10%	25 мл/100 м ²	12,8	+0,7	34,2	19,2	5,46	6,04
	50 мл/100 м ²	13,8	+1,7	34,6	19,8	5,75	6,51
	75 мл/100 м ²	12,6	+0,5	33,5	18,7	5,23	6,22
Среднее по Аминокату		13,1	+1,0	34,1	19,2	5,48	6,26
НСР 05		2,1	–	0,8	1,1	3,4	1,4

Данные таблицы 2 показывают, что в зерне полной спелости в варианте без удобрений, урожайность находилось на уровне 12,1%, применение навоза увеличило урожайность зерна на 9,1%. Аминокат способствовал увеличению урожайности на 5,8% в I концентрации, на 14,1% во II концентрации, на 4,1% при III концентрации или на 8,3%, в среднем. По сравнению с неудобренным фоном, наибольшее превышение урожайности отмечалось при применении навоза и II концентрации Аминоката, причем действие Аминоката превышало действие навоза на 4,5%.

Содержание жира в семенах сои полной спелости при применении навоза по сравнению с вариантом без удобрений превосходило на 6,6%, при применении II концентрации Аминоката – на 9,4%, превышение действия Аминоката относительно навоза составило 2,6%.

Определение содержания белка, клетчатки и золы, по сравнению с неудобренным фоном, при воздействии навоза показало, что оно было выше на 5,4; 16,3 и 9,0%, соответственно. Применение Аминоката во II концентрации превысило значение изучаемых показателей по сравнению с неудобренным фоном, на 4,5; 14,5 и 8,3%, соответственно. Воздействие навоза на содержание белка, клетчатки и золы оказалось большим, чем при Аминокате, на 0,9; 1,5 и 0,6%, соответственно.

Так, величина урожайности и содержание жира, по сравнению с неудобренным фоном имели значения выше при применении ростостимулирующего, органоминерального удобрения Аминоката во II концентрации на 14,1 и 9,4%, и по сравнению с навозом на 4,5% и 2,6%, соответственно.

На содержание белка, клетчатки и золы оказал большее воздействие навоз, по сравнению с неудобренным фоном, на 5,4; 16,3 и 9,0%, и с Аминокатом, на 0,9; 1,5 и 0,6%, соответственно.

Заключение. Представлены результаты изучения влияния применения навоза и ростостимулирующего удобрения Аминоката на урожайность и содержание белка, жира, клетчатки, сухого вещества, золы зеленой массы растений в фазах бутонизации и бобообразования, а также в зерне сои.

Как в фазе бутонизации, так и бобообразования изученные показатели имели большее значение при воздействии навоза и Аминоката в трех увеличивающихся концентрациях по сравнению с вариантом без удобрений. Содержание белка и жира в зеленой массе растений, по сравнению с навозом, было большим при воздействии Аминоката на 1,6% и до 1,5 раза. На содержание клетчатки воздействие изучаемых удобрений оказалось одинаковым – 7%. Воздействие навоза по сравнению с Аминокатом на содержание сухого вещества было большим на 14%, на содержание золы меньшим – до 30%.

Сравнительный анализ величин, полученных в физиологических фазах, показал, что в фазу бобообразования содержание белка и жира было выше на 12,5 и 11,0%, превышение содержания клетчатки было незначительным на 0,3%, а содержание сухого вещества и золы уменьшилось на 2,9 и 7,0%, соответственно.

Так, величина урожайности и содержание жира, по сравнению с неудобренным фоном имели значения выше при применении ростостимулирующего, органоминерального удобрения Аминоката во II концентрации на 14,1 и 9,4%, и по сравнению с навозом на 4,5% и 2,6%, соответственно.

На содержание белка, клетчатки и золы в зерне сои оказал большее воздействие навоз, по сравнению с неудобренным фоном, на 5,4; 16,3 и 9,0%, и с Аминокатом, на 0,9; 1,5 и 0,6%, соответственно.

Исследования показали, что применение навоза обеспечивает равномерное образование активных клубеньков на корнях растений [3] и увеличение урожайности, содержания белка, клетчатки и золы в зерне, ростостимулирующее, органоминеральное удобрение Аминокат 10 может быть применим при возделывании сои не в рекомендованной производителем концентрации для всех других культур – 25 мл/100 м², а в большем количестве – 50 мл/100 м², так как данная концентрация в большей мере обеспечила рост значений изученных показателей.

В засушливых условиях среднего Поволжья расширение посевных площадей сои сдерживается из-за ее низкой и нестабильной по годам урожайности. В первую очередь, это вызвано недостаточным количеством доступной влаги в почве. Основное условие для эффективного выращивания сои в лесостепи Среднего Поволжья – это применение технологий возделывания культуры, адаптированных к условиям региона с применением органических, ростостимулирующих, органоминеральных удобрений.

Список источников

1. Ольховатов Е. А., Пономаренко Л. В., Коваленко М. П. Использование сои в пищевых и медицинских целях // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). С. 231-235. EDN: [UCRKQT](#)
2. Демидюк Б. А. Соя – белково-масляная культура широкого использования // Путохинские чтения : сборник научных трудов. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2025. С. 199-204. EDN: [OEYZKS](#)
3. Бакаева Н. П. Структура урожая и продуктивность сои в агротехнологии среднего Поволжья // Инновационные достижения науки и техники АПК : сборник научных трудов. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2025. С. 10-16. EDN: [SNYKFW](#)
4. Салтыкова О. Л. Динамика содержания белка и крахмала зерна пшеницы при его формировании // Актуальные проблемы современной науки. Естественные науки. 2005. С. 76-79. EDN: [YNBUII](#)
5. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л., Раков С. Р. Стимулирующее действие биологически активных веществ на начальные ростовые процессы яровой пшеницы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3. С. 19-28. DOI: [10.55170/1997-3225-2024-9-3-19-28](#) EDN: [UBFRIM](#)
6. Запрометова Л. В. Влияние гумата калия на сохранность растений и урожайность зерна озимой пшеницы // Инновационные достижения науки и техники АПК : сборник научных трудов. Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. С. 29-33. EDN: [GQBYGO](#)
7. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л. О связи продуктивности, белковости и активности протеолитических ферментов зерна озимой пшеницы // Агрофизика. 2022. № 3. С. 52-59. DOI: [10.25695/AGRPH.2022.03.07](#) EDN: [WZSSHY](#)
8. Бакаева Н. П. Оценка показателей продукционного процесса озимой пшеницы урожай-белок в зависимости от различных способов внесения и видов удобрений // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры : сборник научных трудов. Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2019. С. 37-41. EDN: [WIIYNN](#)
9. Казарина А. В., Атакова Е. А., Абраменко И. С. Взаимосвязь продуктивности и гидротермических условий выращивания сои на неорошаемых землях Среднего Поволжья. Аграрная наука. 2020; 343 (11): 85-88. DOI: [10.32634/0869-8155-2020-343-11-85-88](#) EDN: [CBYYGT](#)
10. Булатова К. А. Урожайность семян сортов сои разных групп спелости в лесостепной зоне среднего Поволжья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. № 4. С. 10-14. DOI: [10.12737/2073-0462-2022-10-14](#)
11. Кутилкин В. Г. Совершенствование элементов технологии возделывания сои в лесостепи Среднего Поволжья // Агрофизика. 2022. № 4. С. 28-33. DOI: [10.25695/AGRPH.2022.04.05](#) EDN: [HMCQWW](#)
12. Горянин О. И., Щербинина Е. В., Джангабаев Б. Ж., Горянин А. О. Эффективность технологий в звене соя – яровая пшеница в засушливых условиях Поволжья // Аграрный научный журнал. 2024. № 6. С. 18-23. DOI: [10.28983/asj.y2024i6pp18-23](#) EDN: [LIWZWT](#)
13. Салтыкова О. Л. Влияние удобрений и регулятора роста Альбит на продуктивность и белковость озимой пшеницы // Инновационные достижения науки и техники АПК : сборник научных трудов. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. С. 68-72. EDN: [IDZLYA](#)
14. Васин В. Г., Васин А. В., Вершинина О., Саниев Р. Н., Новиков А. В. Применение современных стимуляторов роста при возделывании зернобобовых культур: гороха, нута, сои // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20, № 2-2(82). С. 339-350. EDN: [YLHPSP](#)
15. Шабалкин А. В., Дубинкина Е. А. Соя – перспективная высокорентабельная культура // Сахарная свекла. 2022. № 1. С. 34-37. DOI: [10.25802/SB.2022.30.17.006](#) EDN: [YKBKBY](#)
16. Сирожидинова Ш. Н., Бакаева Н. П. Динамика содержания различных форм азота в почве и листьях по фазам развития озимой пшеницы // Химия и жизнь : сборник научных трудов. Новосибирск : Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета «Золотой колос», 2020. С. 141-146. EDN: [LDDVUC](#)

References

1. Olkhovatom, E. A., Ponomarenko, L. V. & Kovalenko, M. P. (2015). The Use of Soy for Food and Medical Purposes. *Young Scientist*. 15 (95). 231-235. (in Russian). EDN: [UCRKQT](#)
2. Demidyuk, B. A. (2025). Soy – protein-oil culture of widespread use. *Putokhin readings : collection of scientific papers*. (pp. 199-204). (in Russian). EDN: [OEYZKS](#)
3. Bakaeva, N. P. (2025). The structure of the yield and productivity of soybeans in the agrotechnology of the middle Volga region. *Innovative achievements of science and technology in the agro-industrial complex : collection of scientific papers*. (Pp. 10-16). (in Russian). EDN: [SNYKFW](#)
4. Saltykova, O. L., & Bakaeva, N. P. (2005). Dynamics of protein and starch content in wheat grain during its formation. *Actual Problems of Modern Science. Natural Sciences* (pp. 76-79). (in Russian). EDN: [YNBUII](#)
5. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L., Rakov, S. R. (2024). Stimulating effect of biologically active substances on the initial growth processes of spring wheat. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 3. 19-28. (in Russian). DOI: [10.55170/1997-3225-2024-9-3-19-28](#) EDN: [UBFRIM](#)
6. Zaprometova, L. V. (2020). Influence of potassium humate on plant preservation and grain yield of winter wheat. *Innovative achievements of science and technology in the agro-industrial complex : collection of scientific papers*. (pp. 29-33). (in Russian). EDN: [GQBYGO](#)
7. Bakaeva, N. P. & Saltykova, O. L. (2022). On the Relationship between Productivity, Protein Content, and Proteolytic Enzyme Activity in Winter Wheat Grain. *Agrophysics*. 3. 52-59. (in Russian). DOI: [10.25695/AGRPH.2022.03.07](#) EDN: [WZSSHY](#)
8. Bakaeva, N. P. (2019). Assessment of the winter wheat production process indicators yield-protein depending on different methods of application and types of fertilizers. *Agriculture and food security: technologies, innovations, markets, personnel : collection of scientific papers*. (pp. 37-41). (in Russian). EDN: [WIIYNN](#)
9. Kazarina, A. V., Atakova, E. A. & Abramenko, I. S. (2020). Relationship of Productivity and Hydrothermal Conditions of Soybean Cultivation on Irrigated Lands of the Middle Volga Region. *Agrarian Science*. 343 (11): 85-88. (in Russian). DOI: [10.32634/0869-8155-2020-343-11-85-88](#) EDN: [CBYYGT](#)
10. Bulatova, K. A. (2022). Yield of soybean varieties of different maturity groups in the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*. 4. 10-14. (in Russian). DOI: [10.12737/2073-0462-2022-10-14](#)

11. Kutilkin, V. G. (2022). Improvement of Soybean Cultivation Technology Elements in the Forest-Steppe of the Middle Volga Region. *Agrophysics*. 4. 28-33. (in Russian). DOI: [10.25695/AGRPH.2022.04.05](https://doi.org/10.25695/AGRPH.2022.04.05) EDN: [HMCQWW](#)
12. Goryanin, O. I., Shcherbinina, E. V., Dzhangabaev, B. Zh. & Goryanin, A. O. (2024). The effectiveness of technologies in the soy-spring wheat link in the arid conditions of the Volga region. *Agrarian Scientific Journal*. 6. 18-23. (in Russian). DOI: [10.28983/asj.y2024i6pp18-23](https://doi.org/10.28983/asj.y2024i6pp18-23) EDN: [LI-WZWT](#)
13. Saltykova, O. L. (2022). Influence of fertilizers and growth regulator Albit on productivity and protein content of winter wheat. *Innovative Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex* : collection of scientific papers. (pp. 68-72). (in Russian). EDN: [IDZLYA](#)
14. Vasin, V. G., Vasin, A. V., Vershinina, O., Saniev, R. N., & Novikov, A. V. (2018). Application of modern growth stimulants in the cultivation of leguminous crops: peas, chickpeas, and soybeans. *Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 20(2-2), 339-350. (in Russian). EDN: [YLHPSP](#)
15. Shabalkin, A. V., & Dubinkina, E. A. (2022). Soy is a promising high-profit crop. *Sugar Beet*, (1), 34-37. (in Russian). DOI: [10.25802/SB.2022.30.17.006](https://doi.org/10.25802/SB.2022.30.17.006) EDN: [YKBKBY](#)
16. Sirozhidinova, Sh. N., & Bakaeva, N. P. (2020). Dynamics of the content of various forms of nitrogen in the soil and leaves according to the phases of winter wheat development. *Chemistry and Life* (pp. 141-146). (in Russian). EDN: [LDDVUC](#)

Информация об авторах:

Н. П. Бакаева –доктор биологических наук;
Б. А. Демидюк – студент.

Author information

N. P. Bakaeva - Doctor of Biological Sciences;
B. A. Demidyuk – Student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 25.06.2025; одобрена после рецензирования 30.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.
The article was submitted 25.06.2025; approved after reviewing 30.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 631.82

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-23-29

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИЙСЕРОСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ ПОД СОЮ**Александр Иванович Манухин¹, Василий Борисович Троц², Наталья Михайловна Троц³**^{1, 2, 3} Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия¹ manuhnai@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2687-6475>² dr.troz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0214-3529>³ troz_shi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3774-1235>

Резюме. В статье приводятся результаты полевых опытов, проведенных в 2022-2024 гг. на полях орошаемого севооборота ООО «Сев07», целью которых являлось установление степени влияния магнийсеросодержащих препаратов «Ультра Си» и «Сульфат магния» на высоту растений и урожайность зерна сои на черноземной почве южной агроклиматической зоны Самарской области. Опыты закладывались в соответствии с существующими методиками как при естественном увлажнении, так и при орошении. Агротехника выращивания сои базировалась на безотвальной обработке почвы. Экспериментами установлено, что в типичных для хозяйства погодных условиях, внесение под сою препарата «Ультра-Си», на фоне применения полного минерального удобрения (N₄₀P₁₀₀K₁₀₀), увеличивает темпы среднесуточных линейных приростов стеблей на 8,1-15,3 % и достоверно обеспечивает прибавку урожая зерна сорта сои Кордоба в пределах 18,2-27,7 %, гарантируя получение в богарных условиях 1,92-2,07 т, а при орошении 2,29-2,27 т зерна с 1 га. Стимулирующий эффект от применения «Сульфат магния» оказался несколько меньшим и уступал по темпам линейного роста стеблей вариантам с «Ультра-Си» на 1,6-1,9 %, а по максимальным сборам зерна на 1,5-2,5 %, обеспечивая его получение в пределах 1,89-2,42 т с 1 га. Установлено, что наибольшая прибавка урожая от применения изучаемых препаратов обеспечивается при норме их внесения 200 кг/га. Данный вариант опыта гарантирует и максимальную экономическую целесообразность с уровнем рентабельности производства 113,6-122,1 %.

Ключевые слова: минеральные удобрения, соя, стебель, орошение, «Ультра Си», магний, сера, промышленный отход, опыт, вариант, высота растений

Для цитирования: Манухин А. И., Троц В. Б., Троц Н. М. Эффективность применения магнийсеросодержащих удобрений под сою // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 23-29. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-23-29

Original article

EFFECTIVENESS OF USING MAGNESIUM-SULFUR FERTILIZERS FOR SOY**Alexander I. Manukhin¹, Vasily B. Trots², Natalya M. Trots³**^{1, 2, 3} Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia¹ manuhnai@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2687-6475>² dr.troz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0214-3529>³ troz_shi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3774-1235>

Abstract. The article presents the results of field experiments conducted in 2022-2024 in the fields of irrigated crop rotation. Sev07 LLC, the purpose of which was to establish the degree of influence of magnesium-sulfur-containing preparations Ultra Si and Magnesium sulfate on plant height and soybean grain yield on the chernozem soil of the southern agro-climatic zone of the Samara region. The experiments were carried out in accordance with existing methods for both natural humidification and irrigation. The agricultural technology of soybean cultivation was based on non-tillage. Experiments have shown that in typical farm weather conditions, the introduction of the preparation "Ultra-Si" under soybeans, against the background of the use of a complete mineral fertilizer (N₄₀P₁₀₀K₁₀₀), increases the rate of average daily linear growth of stems by 8.1-15.3% and reliably provides an increase in the yield of soybeans of the Cordoba variety in the range of 18.2-27.7 %, guaranteeing the production of 1.92-2.07 tons in rain conditions, and 2.29-2.27 tons of grain per 1 ha under irrigation. The stimulating effect of the use of "Magnesium sulfate" turned out to be somewhat smaller and was inferior in terms of linear stem growth rates to the variants with "Ultra-Si" by 1.6-1.9%, and in terms of maximum grain harvests by 1.5-2.5%, ensuring its production in the range of 1.89-2.42 tons per 1 ha. It has been established that the greatest increase in yield from the use of the studied preparations is achieved at a rate of 200 kg/ha. This type of experience guarantees maximum economic feasibility with a production profitability level of 113.6-122.1%.

Keywords: mineral fertilizers, soybeans, stem, irrigation, Ultra Si, magnesium, sulfur, industrial waste, experience, variant, plant height.

For citation: Manukhin A. I., Trots, V. B. & Trots, N. M. (2025). Effectiveness of using magnesium-sulfur fertilizers for soy. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 23-29. (In Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-23-29

Соя — ведущая культура мирового земледелия, занимающая около 50 % посевов от общей площади всех зернобобовых растений. Она возделывается более чем в 40 странах мира и используется для получения продовольственного зерна, кормления животных и в качестве сырья для перерабатывающей промышленности. В России хозяйственные посевы сои начинают выращивать с середины 20-х годов прошлого столетия. Причем за прошедшие годы ее посевы значительно расширились не только в Дальневосточном федеральном округе, но и в Поволжье, Центрально-Черноземной зоне, на Северном Кавказе и юге Западной Сибири и достигли почти 3,7 млн га. Но урожайность сои в нашей стране была небольшой и сегодня практически повсеместно остается на недостаточно высоком уровне [1, 2].

Одна из причин этого – недостаточная обеспеченность растений элементами минерального питания, поскольку соя, как интенсивное растение, выносит из почвы значительное количество макро- и микроэлементов. Сравнительно высокие цены на удобрения не позволяют многим хозяйствам, приобретать их в требуемом объеме и вносить под сою. В результате большая часть получаемого в стране зерна формируется за счет естественного плодородия почвы, что негативно сказывается на урожайности последующих культур севооборота [4].

По мнению многих специалистов, данная проблема может быть решена за счет использования в качестве удобрения под сою относительно недорогих отходов промышленного производства, содержащих необходимые биогенные элементы, но этот вопрос пока недостаточно изучен и требует производственной проверки в различных почвенно-климатических условиях, в том числе и Самарской области, и разработки конкретных рекомендаций по их применению [3, 4, 5].

Цель исследований. Установить степень влияния магнийсеровосодержащих удобрений «Ультра Си» и «Сульфат магния» на высоту растений и урожайность зерна сои на черноземном обыкновенном южной агроклиматической зоны Самарской области.

Задачи исследований: оценка влияния традиционного магнийсеровосодержащего удобрения «Сульфат магния» и нового препарата, полученного на основе промышленного отхода, «Ультра-Си» на рост и урожайность растений; определение оптимальной нормы внесения изучаемых магнийсеровосодержащих удобрений, обеспечивающей получение максимальной урожайности зерна сои с 1 га посевов; выявление экономически наиболее целесообразного варианта внесения магнийсеровосодержащего удобрения при возделывании сои в условиях естественного увлажнения и дополнительного орошения.

Материалы и методы исследований. Полевые исследования проводились на полях орошаемого севооборота ООО «Сев07» в период с 2022 по 2024 годы. Хозяйство располагалось в муниципальном районе Приволжский, территория которого находится на правобережье реки Волга в южной агроклиматической зоне Самарской области. Почвенный покров опытного участка был представлен черноземом типичным с мощностью гумусового горизонта 60-70 см и концентрацией гумуса в пахотном горизонте (0-30 см) в пределах 5,0 %. Количество подвижного фосфора, в этом же слое почвы равнялась 18,5 мг на 100 г почвы, а обменного калия находилось в пределах 24,4 мг на 100 г почвы. Реакция почвенного раствора отличалась слабой солонцеватостью и варьировала в пределах 7,2-7,4 значений pH [7-11].

В качестве магнийсерадсодержащего удобрения использовался порошкообразный препарат «Ультра Си» марки «В», полученный из отходов промышленного производства ООО «Горно химическая компания «Ультра Си» г. Асбест Свердловской области. В его составе на долю оксида магния приходилось 22,0 %, а оксида серы – 20,0 %, кроме этого в нем присутствовали и другие химические элементы, нужные растениям - оксид кремния – 10,0 %, оксид марганца – 0,30 % и оксид меди – 0,10 %. Для сравнительной оценки препарата «Ультра Си» в опыте вносилось и традиционное магнийсеровосодержащее удобрение «Сульфат магния» ($MgSO_4$), выпускающееся той же горной компанией в виде водорастворимого белого кристаллического порошка с содержанием магния в пределах 17,0 % и серы – 13,0 %. Данные удобрения вносились под посевы районированного раннеспелого сорта сои австрийской селекции Кордоба, семена которого высевались рядковой сеялкой с междурядьями 18,5 см и нормой высева 0,7 млн всхожих семян на 1 га.

Погодные условия в годы исследований были контрастными, что характерно для Среднего Поволжья. Весенне-летний период 2022 года отличался жаркой и засушливой погодой с ГТК 0,72. Вегетационный период 2023 года был более благоприятным для роста и развития опытных растений, ГТК равнялся 0,83. Рост и развитие растений в 2024 году проходили на фоне прохладной и дождливой погоды в первой половине лета и умеренно-теплой, и сухой – в августе и сентябре, ГТК составил 0,85 единиц.

Опыты включали 8 вариантов посевов. Вариант №1 являлся контрольным, в нем растения выращивались при естественном уровне плодородия почвы, без внесения удобрений. В варианте №2 применялись фоновые нормы азота, фосфора и калия, в соответствии с принятой в хозяйстве системой удобрений посевов сои (табл. 1).

Таблица 1

Схема полевого опыта с соей, 2022-2024 гг.

Номер варианта	Варианты опыта	Норм внесения удобрений, д.в
1	Контроль	Без удобрений
2	NPK (Фон)	$N_{40}P_{100}K_{100}$
3	Фон + «Ультра-Си»	$N_{40}P_{100}K_{100} + 100 \text{ кг/га}$
4	Фон + «Ультра-Си»	$N_{40}P_{100}K_{100} + 150 \text{ кг/га}$
5	Фон + «Ультра-Си»	$N_{40}P_{100}K_{100} + 200 \text{ кг/га}$
6	Фон + $MgSO_4$	$N_{40}P_{100}K_{100} + 100 \text{ кг/га}$
7	Фон + $MgSO_4$	$N_{40}P_{100}K_{100} + 150 \text{ кг/га}$
8	Фон + $MgSO_4$	$N_{40}P_{100}K_{100} + 200 \text{ кг/га}$

Рассчитанная норма азотного удобрения вносилась в виде карбамида (мочевина) $H_2N-CO-NH_2$. В качестве фосфорного удобрения использовался Аммофос ($NH_4H_2PO_4 + (NH_4)_2HPO_4$). Для покрытия потребности в обменном калии применялось калийное удобрение – хлористый калий (KCl). В вариантах №3-8 изучаемые магнийсеровосодержащие удобрения – «Ультра Си» и «Сульфат магния» вносились на фоне $N_{40}P_{100}K_{100}$. При этом фоновые минеральные удобрения применялись дробно – 70 % расчетных норм фосфора и калия разбрасывались осенью, под основную обработку почвы. Азотные удобрения и оставшаяся часть фосфорных и калийных удобрений, а также магнийсеровосодержащие препараты применялись весной, путем разбрасывания механическим разбрасывателем РУ 1100 под культивацию, с последующей заделкой их в почву культиватором КПМ-8 в агрегате с трактором БТЗ-242.

Опыт предусматривал размещение изучаемых вариантов как при естественном увлажнении почвы, так и в условиях орошения. Дополнительное увлажнение почвы проводилось фронтальной оросительной машиной BAUER. В течение вегетации влажность пахотного горизонта на данном участке поддерживалась на уровне 70-75 % от ПВ. При ее снижении автоматически включалась дождевальная установка, вода для которой по открытым каналам поступала из реки Волга.

Агротехника в опытах строилась по традиционной схеме выращивания сои на степных черноземных почвах. Предшествующей культурой в севообороте являлась яровая пшеница, после уборки которой проводилось двухкратное дискование почвы на глубину 14 см машиной БДМ-7. Затем, через 14-16 дней поле глубоко рыхлили чизельным безотвальным плугом ПЧ-4,5. Одновременно уничтожались и проросшие с осени сорняки. Весной, при физической спелости почвы, поверхность поля боронили тяжелыми зубowymi боронами ЗБЗТС-1. После появления сорняков проводилась промежуточная культивация машиной КПМ-8.

Посев семян сои выполнялся посевным комплексом Primera DMC 9000 при прогревании почвы на глубине 3-4 см до 8-10 °С. Для защиты посевов от однолетних двудольных сорняков в фазе 2-6 настоящих листьев сои их обрабатывали гербицидом «Альфа-Бентазон» в дозе 1,5 кг/га.

При планировании опытов и их закладке, а также проведении всех необходимых наблюдений за растениями и биометрических измерений учитывались требования методики опытного дела Б. А. Доспехова [12] и других методических указаний, используемых в длительных опытах с удобрениями [13], а также методических требований к полевому опыту и основ научных исследований в агрономии [14, 15]. Наблюдения за динамикой роста растений и измерение высоты стеблей выполнялось на постоянных закрепленных площадках размером 4,0 м², выделенных в двух несмежных повторениях. Измерения высоты растений проводили в период прохождения основных фенологических фаз их развития. Уборка опытных делянок выполнялась селекционным комбайном TERRION-2010. Зерно с каждой делянки непосредственно у комбайна затаривалось в отдельные маркированные мешки и взвешивалось на электронных товарных площадочных весах M-ER 333. Экономическая эффективность полученных результатов рассчитывалась по методике Е. В. Паныкиной и [др.] [14].

Площадь опытных делянок равнялась 288 м², а учетная – 200 м², что позволяло провести их комбайновую уборку. Изучаемые варианты размещались систематически в трехкратной повторности в два яруса.

Результаты исследований. Наблюдениями выявлено, что высота растений сои в фазу ветвления на неорошаемом участке составляла 9,0-9,7 см. На орошаемом участке она была примерно на 1 см больше и находилась в пределах 10,0-12,6 см. Среднесуточные темпы линейного роста растений в данный период равнялись 0,40-0,48 см, при этом каких-либо отличимых признаков дифференциации по вариантам опыта нами не обнаружено. Очевидно действие фоновых минеральных удобрений и магнийсеросодержащих препаратов на ростовые процессы сои пока не проявлялось, или оно было незначительное (табл. 2).

Таблица 2

Динамика линейного роста и высота растений, см, 2022-2024 гг.

Варианты опыта	Фаза развития, дата				
	Ветвление	Бутионизация	Цветение	Образование бобов	Полная спелость
без орошения					
Контроль (без удобрений)	9,0	40,4	60,5	72,0	77,3
N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ (Фон)	9,0	44,6	65,8	74,0	80,0
Фон + «Ультра-Си» 100 кг/га	9,5	46,9	67,4	77,2	83,6
Фон + «Ультра-Си» 150 кг/га	9,5	48,7	68,6	79,6	85,1
Фон + «Ультра-Си» 200 кг/га	9,7	49,3	70,4	83,4	89,2
Фон + MgSO ₄ 100 кг/га	9,5	46,0	66,5	76,4	82,6
Фон + MgSO ₄ 150 кг/га	9,6	47,9	67,8	78,8	85,8
Фон + MgSO ₄ 200 кг/га	9,7	48,4	69,2	82,3	87,9
на орошении					
Контроль (без удобрений)	10,0	42,6	63,5	76,5	82,7
N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ (Фон)	11,4	46,5	67,4	78,2	84,9
Фон + «Ультра-Си» 100 кг/га	11,8	48,9	69,9	81,0	87,0
Фон + «Ультра-Си» 150 кг/га	12,0	49,5	71,4	83,8	88,6
Фон + «Ультра-Си» 200 кг/га	12,6	50,1	75,6	87,1	93,1
Фон + MgSO ₄ 100 кг/га	11,5	47,4	69,0	80,1	85,8
Фон + MgSO ₄ 150 кг/га	11,8	48,3	70,4	82,0	87,2
Фон + MgSO ₄ 200 кг/га	12,0	49,6	73,8	85,4	92,1
НСП ₀₅	0,7	2,5	4,2	4,8	5,6

К фазе бутонизации среднесуточные темпы линейного роста стеблей заметно ускоряется, достигая в контрольном варианте неорошаемого участка в среднем 1,2 см, а в варианте с фоновым внесением (N₄₀P₁₀₀K₁₀₀) – 1,3 см. Высота растений к этому моменту достигала соответственно 40,4 см и 44,6 см, что почти в 4,5-4,9 раз больше, чем в фазу ветвления. В эту фазу начинает проследиваться и действие внесенных в почву дополнительных элементов минерального питания растений, они заметно начинают стимулировать деление клеток верхушечных меристем и ускорять ростовые процессы.

Однако, добавление к фоновой норме минерального удобрения еще и магния с серой, а также других микроэлементов, содержащихся в препарате «Ультра-Си» (вариант 3) еще более усиливает темпы линейного роста стеблей. Средняя длина стеблей, в данном варианте опыта, равнялась 46,9 см, что на 6,5 см больше контрольного значения. По нашему мнению, ускорение ростовых процессов, в данном варианте опыта, в первую очередь, происходит за счет лучшего снабжения растений азотом, поскольку содержащиеся в удобрении микроэлементы, и в частности медь, стимулируют жизнедеятельность симбиотических клубеньковых бактерий видов *Rhizobium* и увеличивают их колонии на корнях сои. В результате они больше связывают атмосферного азота и экспортируют его в растительные ткани.

В вариантах 4 и 5, где нормы применения препарата «Ультра-Си» увеличивались до 150 кг/га и 200 кг на 1 га длина стеблей достигала уже 48,7 см и 49,3 см, что соответственно на 8,3 см и 8,9 см больше контрольного индекса.

Замена препарата «Ультра-Си» другим магнийсеросодержащим удобрением – «Сульфат магния» ($MgSO_4$) (варианты 6, 7 и 8) также оказывает положительное влияние на линейный рост растений, но эффективность его влияния на скорость деления ростовых клеток в среднем на 1,6-1,9 % меньше, чем препарата «Ультра-Си». Высота растений в данных вариантах опыта была соответственно 46,0 см, 47,9 см и 48,4 см.

Измерения стеблей растений на орошаемом участке показали, что их длина в среднем на 1,1-4,9 % больше, показателей неорошаемого участка и варьирует по вариантам опыта от 42,6 см до 50,1 см. При этом четко прослеживались закономерности ранжирования вариантов опыта, выявленные на неорошаемом участке. Наиболее длинные стебли сои отмечались нами в варианте 5, где к фоновому уровню минерального питания добавлялся препарат «Ультра-Си» в норме 200 кг/га и в варианте 8 с аналогичной нормой применения «Сульфат магния».

Измерениями длины стеблей сои в фазу цветения выявлено, что за сравнительно короткий временной период, прошедший от бутонизации до цветения они увеличились на 20,8-22,4 см, при этом их среднесуточные линейные приросты в высоту равнялись в среднем 2,2-2,8 см. Их длина в контрольном варианте опыта на неорошаемом участке равнялась в среднем 60,5 см, а у растений фонового варианта была на 5,3 см больше и составляла 65,8 см. С добавлением к фоновому уровню минерального питания препарата «Ультра-Си» (варианты 3, 4 и 5) длина стеблей продолжала увеличиваться, достигая отметок соответственно в 67,4 см, 68,6 см и 70,4 см, что на 6,9 см, 8,2 и 9,9 см больше контрольного значения. В вариантах с внесением «Сульфат магния» темпы линейного роста растений были в среднем на 1,0-1,7 % ниже, чем в вариантах с «Ультра-Си», однако стебли растений данных вариантов в среднем на 6,0 см, 7,3 см и 8,7 см превышали длину стеблей контрольных растений. Дополнительное увлажнение посевов сои искусственным дождеванием оказывало стимулирующий эффект на темпы линейного роста растений, повышая их, по сравнению с неорошаемыми посевами, в среднем на 4,9-7,3 %. При этом высота стеблестоя достигала 63,5-75,6 см. Наиболее высокорослые растения были в вариантах с применением «Ультра-Си» и «Сульфат магния». Причем с повышением норм внесения данных препаратов с 100 кг/га до 1500 кг/га и далее до 200 кг/га высота травостоя орошаемой сои увеличивалась, по сравнению с контролем в среднем, соответственно на 9,8 %, 11,4 % и 16,6 %.

К фазе образования бобов темпы линейных ростовых процессов в растениях заметно снижались, усиливалось развитие генеративных органов. Ассимиляционные продукты начинали тратиться на формирование бобов и семян. В целом прирост стеблей в длину по вариантам опыта варьировал от 11,5 см до 13,0 см, при этом высота растений сои в вариантах без орошения составляла 72,0-83,4 см, а в орошаемых посевах – 76,5-87,1 см. Максимально высокий стеблестой имели варианты с внесением «Ультра-Си» в норме 200 кг/га и «Сульфата магния» в той же норме.

Измерения стеблей в фазу полной спелости зерна, к которой была приурочена уборка урожая, показали, что их высота в контрольном варианте 1 неорошаемого участка равна в среднем 77,3 см. В фоновом варианте 2 она была на 2,7 см больше и составляла 80,0 см. В варианте 3, где к фоновой норме минерального удобрения добавлялось еще и 100 кг/га магнийсеросодержащего продукта «Ультра-Си» длина стеблей равнялась 83,6 см, что на 6,3 см было больше контрольного индекса. Внесение повышенных норм препарата в 150 кг/га и 200 кг/га позволяло получать максимально высокие стеблестой с длиной стеблей соответственно 85,1 см и 89,2 см, это на 7,8 см и 11,9 см больше контрольного значения. Растения вариантов, где препарат «Ультра-Си» был заменен на «Сульфат магния» имели высоту стеблестоя соответственно 82,6 см, 85,8 см и 87,9 см.

Высота стеблей орошаемой сои была в среднем на 4,4-6,9 % больше и варьировала от 82,7 см до 93,1 см. При этом максимальные значения длины стеблей отмечались нами в тех же вариантах, что и на участке без орошения.

Выявленные закономерности в особенностях линейного роста стеблей сои, по нашему мнению, объясняются тем, что почва вариантов с внесением «Ультра-Си» и «Сульфата магния» имела больший запас питательных веществ и лучше снабжала растения макро- и микроэлементами, используемыми в биохимических процессах создания надземной и подземной фитомассы, а их более мощная корневая система могла поглощать влагу из нижних слоев почвы и поддерживать оптимальную концентрацию клеточного сока растительных тканей верхушечных (ростовых) меристем.

Опытами установлено, что соя сорта Кордоба, даже при естественном режиме увлажнения и уровне плодородия черноземной почвы, способна формировать в условиях южной агроклиматической зоны Самарской области, достаточно высокие урожаи зерна – на уровне 1,62 т с 1 га (табл. 3).

Внесение фонового уровня полного минерального удобрения $N_{40}P_{100}K_{100}$ увеличивало урожайность посевов на 14,2 % – до 1,85 т. Обеспечивая дополнительное получение 0,23 т зерна с 1 га. Добавление к внесенной в почву расчетной норме азота, фосфора и калия еще и магнийсеросодержащего продукта «Ультра-Си» в норме 100 кг/га позволяет довести сборы зерна до 1,92 т с 1 га, это на 18,2 % или на 0,30 т/га, больше контрольного показателя. С увеличением нормы применения «Ультра-Си» – до 150 кг/га (вариант 4) и 200 кг/га (вариант 5) обеспеченность растений биогенными элементами улучшалась, оптимизировались процессы фотосинтеза и накопления ассимилянтов, что способствовало росту урожайности зерна соответственно до 2,02 т/га и 2,07 т/га, что 24,6% и 25,5 % больше контрольного индекса.

Таблица 3

Урожайность зерна, 2022-2024 гг.

Варианты опыта	Без орошения			На орошении		
	сбор зерна, т/га	прибавка		сбор зерна, т/га	прибавка	
		т/га	%		т/га	%
Контроль (без удобрений)	1,62	-	-	1,94	-	-
N ₄₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ (Фон)	1,85	0,23	14,2	2,23	0,29	14,9
Фон + Ультра-Си 100 кг/га	1,92	0,30	18,2	2,29	0,35	18,0
Фон + Ультра-Си 150 кг/га	2,02	0,40	24,6	2,38	0,44	22,6
Фон + Ультра-Си 200 кг/га	2,07	0,45	27,7	2,47	0,53	27,3
Фон + MgSO ₄ 100 кг/га	1,89	0,27	16,6	2,25	0,31	15,9
Фон + MgSO ₄ 150 кг/га	1,97	0,35	21,6	2,36	0,42	21,8
Фон + MgSO ₄ 200 кг/га	2,03	0,41	25,3	2,42	0,48	24,7
НСР ₀₅	0,15	-	-	0,18	-	-

Анализ урожайных данных в вариантах, где препарат «Ультра-Си» был заменен на «Сульфат магния» выявил, что при внесении этого удобрения сборы зерна с 1 га снижаются в среднем на 1,5-2,5 %, при этом максимальная прибавка урожая отмечалась в варианте 8 (200 кг/га) и равнялась 0,41 т/га.

Учет зерна, полученного на орошаемом участке опыта показал, что объем его сборов в среднем на 19,3-20,1 % больше, чем в неорошаемых вариантах. Однако и в этих условиях внесение в почву магнийсеросодержащего препарата «Ультра-Си» на фоне полного минерального удобрения позволяет дополнительно получить около 0,06-0,24 т зерна с 1 га. Прибавка урожая в вариантах с применением данного препарата, по отношению к контролю, равнялась 18,0-27,3%, против 14,9% – в фоновом варианте – с использованием только азота, фосфора и калия (N₄₀P₁₀₀K₁₀₀).

В вариантах с внесением «Сульфат магния» прибавка урожая по отношению к контролю варианту равнялась только 15,0-24,7 %, а дополнительный сбор зерна составил 0,31-0,48 т/га, что на в среднем на 6,8-10,4 % меньше, чем в вариантах с «Ультра-Си».

Внедрение в производство новых приемов агротехники, в современных условиях хозяйствования, во многом обусловлено экономической целесообразностью и окупаемостью понесенных затрат [14]. Проведенные нами экономические расчеты показали, что при условии продажи семян зерна сои по рыночной цене, складывающейся в осенний период 2022-2024 годов (из расчета 40 тыс. руб. за 1 т), можно будет выручить с каждого гектара неорошаемых посевов от 64 800 руб. до 82 800 руб. При условии дополнительного орошения посевов сои стоимость полученной продукции возрастала до 77 600-98 800 руб./га. Расчетами выявлено, что внесение фоновых минеральных удобрений и магнийсеросодержащих препаратов «Ультра-Си» и «Сульфата магния» является серьезным фактором увеличения количества производимой продукции, а, следовательно, и ее стоимости. Но дополнительные приемы интенсификации производства обуславливали и повышение материальных затрат на их проведение, поскольку с базовыми затратами на выполнение технологических операций нужны были и денежные затраты на покупку минеральных удобрений, «Ультра-Си» и «Сульфат магния», их транспортировку и внесение. Причем с увеличением норм применения магний серосодержащих продуктов повышались и производственные затраты на неорошаемом участке – с 29 800 руб./га в контрольном варианте и до 38 500 руб./га в варианте с максимальной нормой внесения «Ультра-Си», или на 29,1%.

Анализ данных технологических карт и экономических расчетов подтвердил наши предположения об окупаемости всех затрат на выращивание сои даже при естественном уровне плодородия почвы и без орошения. Установлено, что уровень рентабельности производства в контрольном посеве опыта (вариант 1), без внесения удобрений и применения дополнительного орошения, равна 105,3 %. С внесением фоновых азотного, фосфорного и калийного удобрения в норме N₄₀P₁₀₀K₁₀₀ (вариант 2) закономерно возрастают производственные затраты, но они обеспечивают и прибавку урожая, а вместе с тем и получение условно чистого дохода, который на 8,9 % перекрывает все расходы с уровнем рентабельности производства на 3,4 % выше контрольного индекса и достигающем 108,7 %.

Добавление к фоновому уровню минерального питания еще и 100 кг/га «Ультра-Си» (вариант 3) позволяет существенно повысить сбор продукции с единицы площади, при этом ее стоимость полностью покрывает производственные затраты с уровнем рентабельности 106,2 %. Дальнейшее увеличение нормы внесения препарата до 150 кг/га (вариант 4) и 200 кг/га (вариант 5) обеспечивает дальнейший рост уровня рентабельности производства – до 115,8,0 % и 122,1%.

Экономически оправдано и применение под посевы сои другого магнийсеросодержащего удобрения – «Сульфат магния». Его использование позволяет на 17,6-32,5 % увеличить производство продукции в денежном выражении и 19,7-42,6 % величину условного чистого дохода при уровне рентабельности производства 109,7-117,9 %. При этом наиболее высокие экономические показатели отмечались в варианте опыта с нормой его применения 200 кг на 1 га.

Размещение сои на орошаемом участке позволяет существенно увеличить стоимость производимой продукции. Однако возрастают и затраты на ее производство, в среднем на 31,1-38,9 %. Но по всем вариантам опыта они окупаются стоимостью дополнительно полученной продукции. При этом максимальный уровень рентабельности производства отмечался в варианте с внесением препарата «Ультра-Си» в норме 150 кг/га – 115,9 % и в норме 200 кг/га – 113,6 %.

В условиях орошения достаточно высокая окупаемость затрат отмечалась и в вариантах с применением «Сульфат магния» – 113,3-117,3 %. Но стоимость произведенной в этих посевах продукции была в среднем на 2,9-5,1 % меньше, чем в аналогичных вариантах с «Ультра-Си». Меньшим была и величина получаемого условно чистого дохода.

Заключение. На основе проведенных трехлетних (2022-2024 гг.) полевых экспериментов, в типичных для южной зоны Самарской области погодных условиях, можно сделать следующие основные выводы:

1. Применение в качестве удобрений под сою магнийсеровосодержащих препаратов «Ультра-Си» и «Сульфат магния» на фоне внесения полного минерального удобрения в норме ($N_{40}P_{100}K_{100}$), увеличивает темпы среднесуточных приростов растений в высоту соответственно на 8,1-15,3 % и 6,8-13,7 % и формирует к моменту уборки урожая стеблестой растений в вариантах с нормой применения препаратов 200 кг/га, соответственно 89,2-93,1 см и 87,9-92,1 см, против 77,3-82,7 см – в контрольном и 80,0-84,9 см – в фоновом вариантах.

2. Внесение в почву магнийсеровосодержащего препарата «Ультра-Си» на удобренном фоне ($N_{40}P_{100}K_{100}$), достоверно обеспечивает прибавку урожая зерна сои сорта Кордоба в пределах 18,0-27,7 %, или 0,30-0,53 т зерна с 1 га, при его сборах на уровне 1,92-2,47 т/га. Замена препарата «Ультра Си» удобрением «Сульфат магния» уменьшает продуктивность посевов в среднем на 1,5-2,5 % а сборы зерна – до 1,89-2,42 т/га.

3. Наибольшая прибавка урожая от применения магнийсеровосодержащих препаратов «Ультра Си» и «Сульфат магния» обеспечивается при норме их внесения 200 кг/га. Данный вариант опыта гарантирует и получение максимального денежного дохода с уровнем рентабельности производства 113,6-122,1 %.

Список источников

1. Соевый Союз Приволжского Федерального округа [Электронный ресурс]: Соевый Союз 2025 [сайт]. URL: <https://soya-pfo.ru/> (дата обращения 03.03.2025 г.)
2. Соя в мире и России: производство, внутреннее потребление, внешняя торговля. [Электронный ресурс]: Восточный центр государственного планирования [сайт]. URL: <https://vostokgosplan.ru/> (дата обращения 04.03.2025 г.).
3. Троц В. Б., Троц Н. М. Использование побочного промышленного отхода в качестве мелиоранта и удобрений под яровую пшеницу // Современное состояние и инновационные пути развития земледелия, мелиорации и защиты почв от эрозии : сборник научных трудов, 2022. С. 132-137.
4. Обущенко С. В., Троц В. Б. Влияние минеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность яровой пшеницы // Известия Оренбургского ГАУ. 2018. №4 (72). С. 54-58.
5. Аканова Н. И., Стромский А. С., Стромский А. А., Троц В. Б., Троц Н. М. Агроэкологическая эффективность использования в сельском хозяйстве вторичных ресурсов производства калийных удобрений // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 2. С. 194-200. DOI: [10.55186/25876740_2022_65_2_194](https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_2_194) EDN: LNZLJ
6. Аканова Н. И., Шкуркин С. И., Троц Н. М., Троц В. Б. Агроэкономическая эффективность использования глинисто-солевого шлама как калийного удобрения и мелиоранта в сельскохозяйственном производстве // Известия Оренбургского ГАУ. 2022. №3(95). С. 34-42. DOI: [10.37670/2073-0853-2022-95-3-34-42](https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-95-3-34-42) EDN: AWBNM
7. ГОСТ 26213-2021 Почвы. Методы определения органического вещества. М. : Комитет стандартизации и метрологии СССР. 1991. 8 с.
8. ГОСТ 26483-85 Почвы. Определение pH солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО. М. : Государственный комитет СССР по стандартам. 1985. 6 с.
9. ГОСТ 26204-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. М. : Комитет стандартизации и метрологии СССР. 1992. 8 с.
10. ГОСТ 26205-91 ПОЧВЫ. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. М. : Комитет стандартизации и метрологии СССР. 1992. 10 с.
11. ГОСТ Р 58595-2019 Почвы. Отбор проб. М. : Стандартинформ. 2019. 10 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5 изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
13. Паников В. Д. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. М.: ВИАУ. 1983. 22 с.
14. Понькина Е. В. Суманосова М. А., Оскорбин Н. М. Методика оценки экономических показателей производства продукции растениеводства // Известия Алтайского государственного университета. 2003. № 1(27). С. 37-44.
15. Аканова Н. И., Федотова Л. С., Козлова А. В., Тимошина Н. А., Князева Е. В. Влияние магнийсодержащего удобрения на продуктивность картофеля // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 3. С. 3-10. DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-3-3-10](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2025-10-3-3-10)

References

1. Soy Union of the Volga Federal District. *Soy Union 2025*. Retrieved from file: <https://soya-pfo.ru/> (In Russian).
2. Soybeans in the world and Russia: production, domestic consumption, and foreign trade. *Eastern Center for State Planning*. Retrieved from file: <https://vostokgosplan.ru/> (In Russian).
3. Trots, V. B. & Trots, N. M. (2022). Use of by-product industrial waste as a reclamation agent and fertilizer for spring wheat. *Current state and innovative ways of development of agriculture, reclamation and soil protection from erosion* : collection of scientific papers. (pp. 132-137). (In Russian).
4. Obushchenko, S. V. & Trots, V. B. (2018). Influence of Mineral Fertilizers and Growth Regulators on the Yield of Spring Wheat. *Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University*. 4 (72). 54-58. (In Russian).
5. Akanova, N. I., Stromsky, A. S., Stromsky, A. A., Trots, V. B. & Trots N. M. (2022). Agroecological Efficiency of Using Secondary Resources of Potassium Fertilizer Production in Agriculture. *International Agricultural Journal*. 2. 194-200. (In Russian). DOI: [10.55186/25876740_2022_65_2_194](https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_2_194) EDN: LNZLJ
6. Akanova, N. I., Shkurkin, S. I., Trots, N. M. & Trots, V. B. (2022). Agroecological Efficiency of Using Clay-Salt Slurry as a Potassium Fertilizer and Land Reclamation Agent in Agricultural Production. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 3(95). 34-42. (In Russian). DOI: [10.37670/2073-0853-2022-95-3-34-42](https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-95-3-34-42) EDN: AWBNM
7. State Standard GOST 26213-91 Soils. Methods for specification of organic matter. Moscow: USSR Committee for Standardization and Metrology. 1991. (In Russian).

8. State Standard GOST 26483-85 Soils. Specification of pH of salt extract, exchangeable acidity, exchangeable cations, nitrate content, exchangeable ammonium and mobile sulfur by the methods of Central Institute of Agrochemical Services for Agriculture. Central Institute of Agrochemical Services for Agriculture. Moscow: USSR State Committee for Standards. 1985. (In Russian).
9. State Standard GOST 26204-91 Soils. Specification of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Chirikov method as modified by Central Institute of Agrochemical Services For Agriculture. Moscow: USSR Committee for Standardization and Metrology. 1992. (In Russian).
10. State Standard GOST 26205-91 SOILS. Specification of mobile compounds of phosphorus and potassium by the Machigin method as modified by Central Institute of Agrochemical Services For Agriculture. Moscow: Committee for Standardization and Metrology of the USSR. 1992.
11. State Standard GOST R 58595-2019 Soils. Sampling. Moscow: Standartinform. 2019. (In Russian).
12. Dospikhov, B. A. (1985). Methodology of field experience. 5 th ed., revised and add. Moscow: Agropromizdat. (In Russian).
13. Pannikov, V. D. (1983). Guidelines for conducting research in long-term experiments with fertilizers. Moscow: VIA. (In Russian).
14. Ponkina, E. V., Sumanosova, M. A. & Oskorbin, N. M. (2003). Methodology for assessing economic indicators of crop production. *Bulletin of the Altai State University*. 1(27). 37-44. (In Russian).
15. Akanova, N. I., Fedotova, L. S. Kozlova, A. V. Tymoshina, N. A. & Knyazeva, E. V. (2025). The influence of magnesium containing fertilizers on potato productivity. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 3, 3-10 (In Russian). DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-3-3-10](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2025-10-3-3-10)

Информация об авторах:

А. И. Манухин – аспирант;
В. Б. Троц – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Н. М. Троц – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors:

A. I. Manukhin – Postgraduate Student;
V. B. Trots – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
N. M. Trots – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 7.07.2025; одобрена после рецензирования 30.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.
The article was submitted 7.07.2025; approved after reviewing 30.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 633.1: 631.82

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-30-35

**ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ЖКУ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА В УСЛОВИЯХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ**Юлия Юрьевна Епишева^{1✉}, Геннадий Фёдорович Ярцев², Руслан Куандыкович Байкасенов³^{1,2,3} Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия¹ episheva_93@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0006-8338-6253>² g_f_yacev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4441-7345>³ ruskuv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7410-3841>

Резюме. Цель исследований – оптимизация фитометрических показателей посевов озимой и яровой пшеницы за счет применения жидких комплексных удобрений и регулятора роста в условиях Оренбургского Предуралья. Применение органоминеральных удобрений и регулятора роста в посевах озимой и яровой пшеницы на стадии кущения приводит к улучшению фотосинтетической активности растений, что проявляется в увеличении площади ассимиляционного аппарата, коэффициента полезного действия фотосинтетического аппарата и урожая сухой биомассы. Фотосинтетическая деятельность в агроценозе, как основной компонент продукционных процессов, является наиболее информативным критерием при оценке формирования урожайности в различных условиях среды и технологических воздействий на растения. В связи с этим тематика исследований актуальна. Объектами исследований являлись озимая и яровая пшеница. Полевые учеты и наблюдения были проведены по общепринятым методикам. В посевах озимой пшеницы наиболее эффективным является использование жидкого азотного удобрения Carb-N-Humic, что приводит к формированию сухой надземной биомассы на уровне 7,94 т/га и $K_{\text{фар}}$ 1,37%. В случае яровой пшеницы лучшими результатами отличается органоминеральное удобрение в хелатной форме Энергошанс, обеспечивая накопление сухого вещества 2,94 т/га и $K_{\text{фар}}$ 0,77%.

Ключевые слова: яровая пшеница, озимая пшеница, регулятор роста, жидкие комплексные удобрения, площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, сухое вещество, чистая продуктивность фотосинтеза

Для цитирования: Епишева Ю. Ю., Ярцев Г. Ф., Байкасенов Р. К. Фотосинтетическая деятельность посевов озимой и яровой пшеницы в зависимости от применения ЖКУ и регулятора роста в условиях Оренбургского Предуралья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 30-35. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-30-35

Original article

**PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF WINTER AND SPRING WHEAT CROPS DEPENDING ON THE USE OF THE LIQUID FERTILIZERS
AND GROWTH REGULATOR IN THE CONDITIONS OF THE ORENBURG PRE-URALS REGION**Yulia Yu. Episheva^{1✉}, Gennady F. Yartsev², Ruslan K. Baikasenov³^{1,2,3} Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia¹ episheva_93@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0006-8338-6253>² g_f_yacev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4441-7345>³ ruskuv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7410-3841>

Abstract. The objective of this research is to optimize the phytometric parameters of winter and spring wheat crops through the use of liquid complex fertilizers and a growth regulator in the Orenburg Pre-Urals region. The use of organomineral fertilizers and a growth regulator in winter and spring wheat crops at the tillering stage improves photosynthetic activity, resulting in an increase in the area of the assimilation apparatus, the efficiency of the photosynthetic apparatus, and the dry biomass yield. Photosynthetic activity in an agroecosystem, as a key component of production processes, is the most informative criterion for assessing yield formation under various environmental conditions and technological impacts on plants. Therefore, the research topic is relevant. The objects of the study were winter and spring wheat. Field surveys and observations were conducted using generally accepted methods. For winter wheat, the most effective fertilizer is the liquid nitrogen fertilizer Carb-N-Humic, which results in dry matter accumulation of 7.94 t/ha and a K_{far} of 1.37%. For spring wheat, the best results are achieved with the chelated organomineral fertilizer Energoshans, which provides dry matter accumulation of 2.94 t/ha and a K_{far} of 0.77%.

Keywords: spring wheat, winter wheat, growth regulator, liquid complex fertilizers, leaf surface area, photosynthetic potential, dry matter, net photosynthetic productivity

For citation: Episheva, Yu. Yu., Yartsev, G. F. & Baikasenov, R. K. (2025). Photosynthetic activity of winter and spring wheat crops depending on the use of the liquid fertilizers and growth regulator in the conditions of the Orenburg Pre-Urals region. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 30-35. (In Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-30-35

Фотосинтез – это ключевой процесс производства, который происходит в растениях. Информация о его элементах позволяет оценить эффективность агротехнических приемов, применяемых для формирования урожая сельскохозяйственных культур. Этот физиологический процесс играет решающую роль в определении уровня урожайности, так как именно благодаря фотосинтезу образуется 90–95% сухого вещества растений [1–4]. К наиболее значимым фитометрическим показателям посевов, определяющим эффективность фотосинтеза, принято относить площадь листьев, фотосинтетический потенциал (ФП) и чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Значения этих показателей в определенной степени отражают сортовые характеристики, влияющие на уровень урожайности [5–7]. Для достижения высокого урожая зерновых культур необходимо обеспечить высокий фотосинтетический потенциал посевов. Это достигается путем формирования такой густоты стояния

растений, при которой площадь ассимилирующей поверхности листьев в 4-5 раз превышает площадь, занимаемую растениями на поле. Этот показатель называется индексом листовой поверхности [8]. Для зерновых культур его оптимальной величиной считается 4-5 м²/м², при этом фотосинтетический потенциал не должен быть ниже 1,8 млн м² дней/га. Согласно данным Шатилова И. С., максимальная площадь листовой поверхности зерновых культур может достигать 40-50 тыс. м²/га.

Цель исследований: оптимизация фитометрических показателей посевов озимой и яровой пшеницы за счет применения жидких комплексных удобрений и регулятора роста в условиях Оренбургского Предуралья.

Задача исследований: изучить влияние жидких комплексных удобрений и регулятора роста на фитометрические показатели посевов озимой и яровой пшеницы.

Материалы и методы исследований. В течении трех лет (2017-2019 гг.) проводились исследования на учебно-опытном поле Оренбургского государственного аграрного университета на черноземах южных Оренбургского Предуралья. Агротехника соответствовала зональной. Сроки посева были оптимальные для данной зоны, норма высева озимой пшеницы – 5,0 млн всхожих семян на 1 гектар, яровой пшеницы – 4,0 млн/га. Полевые учеты и наблюдения были проведены по общепринятым методикам.

Схема эксперимента включала двухфакторный опыт: фактор А – формы развития пшеницы: озимая и яровая. Фактор В – листовые подкормки комбинациями удобрений: Carb-N-Humik (2 л/га); Carb-N-Humik (2 л/га) + Альбит (40 г/га); Carb-N-Humik (2 л/га) + Альбит (40 г/га) + Hydro Mix (0,5 л/га); Полишанс (1,0 л/га); Энергошанс (0,2 л/га). Опыт проводился в четырехкратной повторности, учётная площадь делянки 40 м².

Результаты исследований. В среднем за годы исследований наибольшая площадь листовой поверхности озимой пшеницы, составившая 36,03 тыс. м²/га, отмечена на варианте с внесением Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix, а наименьшая (34,93 тыс. м²/га) – на варианте с Carb-N-Humic. На контрольном варианте площадь листьев в среднем составила 31,08 тыс. м²/га, что на 4,95 тыс. м²/га или 13,7% оказалось ниже, чем на варианте с Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix (рис. 1).

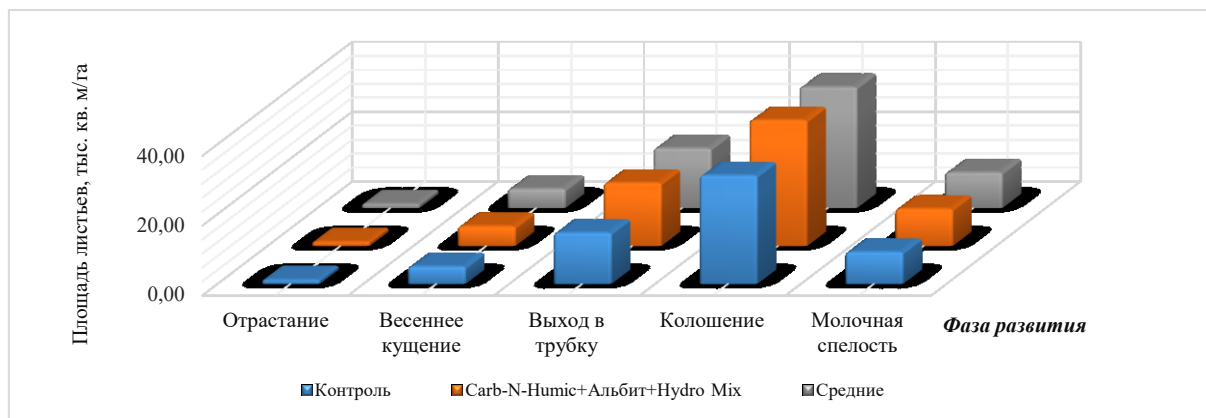


Рис. 1. Динамика площади листовой поверхности озимой пшеницы по вариантам опыта в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области (среднее за 2017-2019 гг.).

Динамика площади листовой поверхности яровой пшеницы от фазы всходов до фазы колошения имела аналогичную направленность – постепенно возрастала до фазы колошения, а затем более стремительно снижалась в период налива и созревания зерна. По сравнению с озимой пшеницей площадь листовой поверхности яровой пшеницы была невысокой, но типичной для засушливого Оренбуржья, и в среднем по вариантам опыта за годы исследований составила 15,59 тыс. м²/га. Наибольшая площадь листовой поверхности яровой пшеницы была отмечена на варианте с внесением препарата Carb-N-Humic + Альбит, где она составила 16,19 тыс. м²/га (рис. 2).

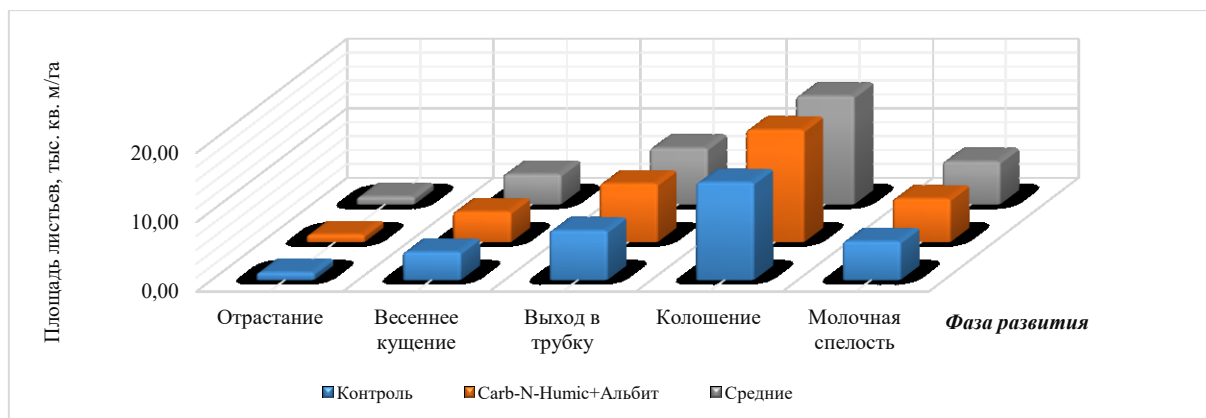


Рис. 2. Динамика площади листовой поверхности яровой пшеницы по вариантам опыта в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области (среднее за 2017-2019 гг.).

Как известно, продуктивность растений зависит не только от размеров ассимиляционного аппарата, а также продолжительности его работы, что в совокупности характеризует фотосинтетический потенциал посевов (ФП). Фотосинтетический потенциал показывает суммарную площадь листовой поверхности на единице площади посева за вегетационный период в целом или какой-либо его отдельный этап.

На контрольном варианте в исследованиях с озимой пшеницей в среднем за три года фотосинтетический потенциал составил 1,025 млн м²*дней/га, а на вариантах с подкормками в фазу кущения он варьировал от 1,162 до 1,203 млн м²*дней/га (табл. 1).

На варианте с Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix наибольшие значения ФП были отмечены и в среднем за три года. Прибавка к контрольному варианту составила 0,178 млн м²*дней/га или 17,4%.

Некорневые подкормки, примененные в фазу кущения яровой пшеницы, значительно повлияли на фотосинтетический потенциал посевов. В среднем за период исследований фотосинтетический потенциал с использованием органоминеральных удобрений и регулятора роста колебался от 0,452 до 0,503 млн м²*дней/га, тогда как в контрольном варианте он составил лишь 0,413 млн м²*дней/га. Таким образом, фотосинтетический потенциал в изучаемых вариантах превышал контрольные показатели на 9,4-21,8%.

Наибольшие значения ФП отмечены при проведении некорневых подкормок на вариантах Carb-N-Humic (0,477 млн м²*дней/га) и Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix (0,503 млн м²*дней/га). Прибавка к контролю составила 0,064-0,090 млн м²*дней/га или 15,5- 21,8% соответственно (табл. 1).

Не менее важным показателем для оценки фотосинтетической продуктивности посевов полевых культур является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Показатель чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) отражает объем сухой надземной биомассы, которую растения накапливают за день на каждый квадратный метр листовой поверхности.

Таблица 1

Фотосинтетическая деятельность посевов озимой и яровой пшеницы (среднее за 2017-2019 гг.).

Варианты		Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	Фотосинтетический потенциал, млн м ² *дней/га	Накопление сухого вещества, т/га	ЧПФ, г/м ² в сутки
Биологическая форма развития	Обработка посевов в фазу кущения				
Озимая пшеница	1. Контроль	31,09	1,025	7,23	6,88
	2. Carb-N-Humic	34,93	1,162	7,94	6,68
	3. Carb-N-Humic+Альбит	35,03	1,162	7,80	6,58
	4. Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix	36,03	1,203	7,72	6,23
	5. Полишанс	35,81	1,188	7,57	6,18
	6. Энергошанс	35,30	1,174	7,63	6,31
средние		34,70	1,150	7,65	6,48
Яровая пшеница	1. Контроль	14,09	0,413	2,36	5,62
	2. Carb-N-Humic	15,85	0,477	2,60	5,33
	3. Carb-N-Humic+Альбит	16,19	0,469	2,59	5,46
	4. Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix	15,81	0,503	2,60	5,05
	5. Полишанс	15,93	0,455	2,80	6,14
	6. Энергошанс	15,65	0,452	2,94	6,46
средние		15,59	0,457	2,65	5,68

При изучении яровой пшеницы в среднем за годы исследований наибольшее значение чистой продуктивности фотосинтеза, составившее 6,46 г/м² в сутки, наблюдалось на варианте с Энергошансом, что указывает на повышение продуктивности работы листового аппарата под действием данного препарата. Выше величины контрольного варианта (5,62 г/м² в сутки) значение ЧПФ отмечено и при применении Полишанса (6,14 г/м² в сутки), а наименьшие значения (5,05 г/м² в сутки) получены на варианте с Carb-N-Humic+ Альбит + Hydro Mix (табл. 1).

Уровень урожайности полевых культур, складывающийся из массы основной и побочной продукции на единице площади, определяется накоплением сухого вещества в процессе фотосинтеза. Его динамика в наших исследованиях значительно варьировала по вариантам опыта, как в посевах озимой, так и яровой пшеницы.

Так в исследованиях с озимой пшеницей на вариантах с органоминеральными удобрениями и регулятором роста растений отмечалось опережающее накопление сухого вещества по сравнению с контрольным вариантом (рис. 3).

Максимальный урожай сухого вещества в среднем за три года исследований сформировался на вариантах Carb-N-Humic, Carb-N-Humic+Альбит, Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix. Он составил за годы исследований соответственно 7,94, 7,80 и 7,72 т/га и превысил контрольный вариант на 0,71, 0,57 и 0,49 т/га или 9,8, 7,9 и 6,7 %.

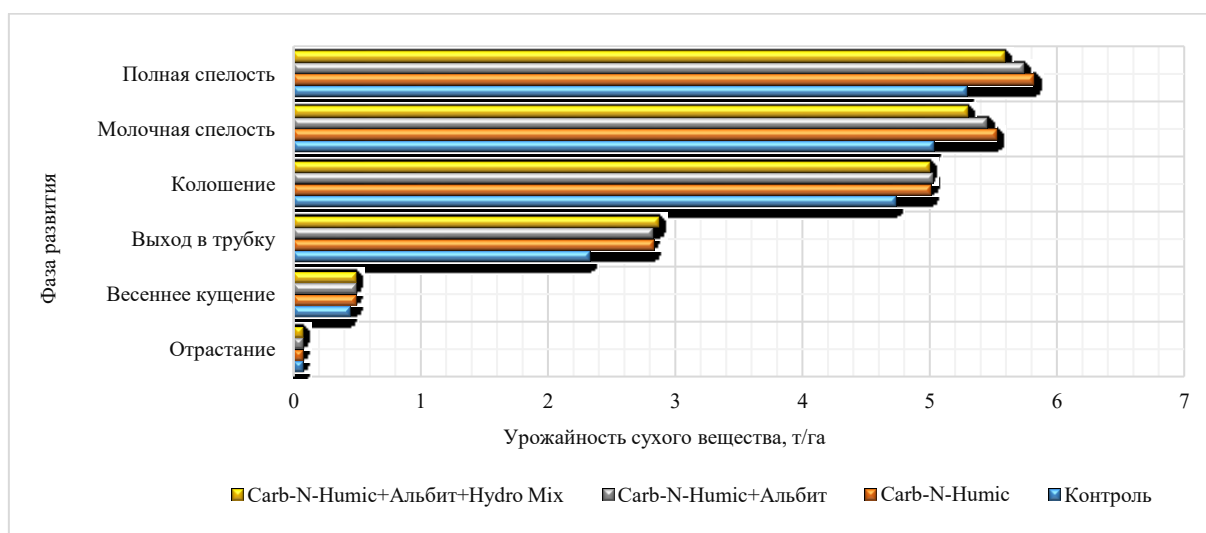


Рис. 3. Динамика накопления сухого вещества озимой пшеницей по вариантам опыта в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области (средние за 2018–2019 гг.).

При изучении яровой пшеницы также наблюдалось опережающее, относительно контроля, накопление сухого вещества на экспериментальных вариантах, что подтверждает эффективность действия препаратов (рис. 4).

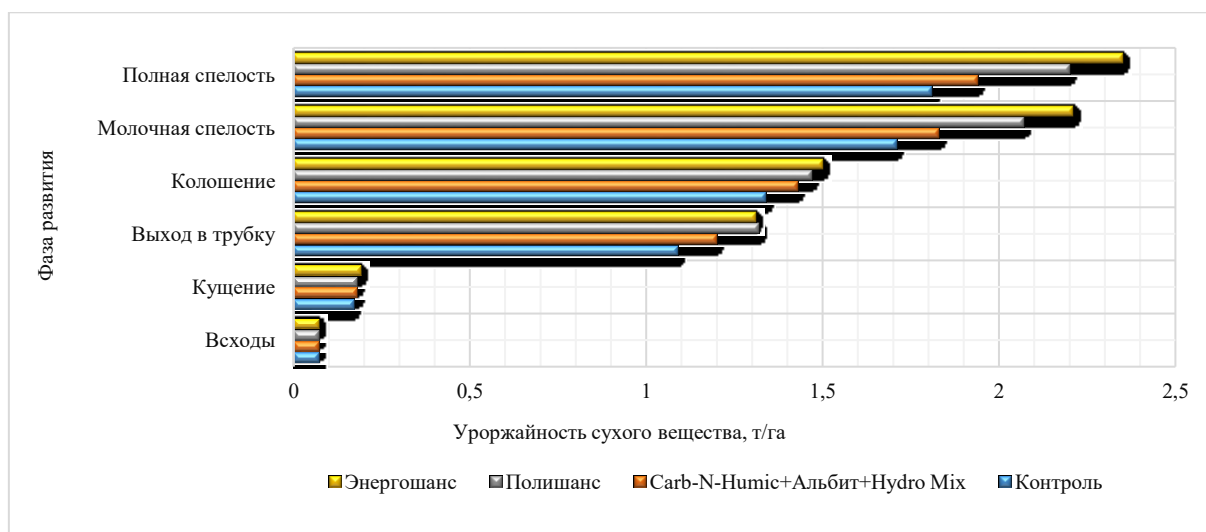


Рис. 4. Динамика накопления сухого вещества яровой пшеницы по вариантам опыта в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области, средние за 2018-2019 гг.

При этом из трёх вариантов с органоминеральными удобрениями и регуляторами роста растений, показавших лучший урожай на озимой пшенице, только один подтвердил эффективность и на яровой пшенице, причём с меньшим, среди двух других вариантов, эффектом – Carb-N-Humic+ Альбит + Hydro Mix (2,60 т/га), с прибавкой к контролю 0,24 т/га или 10,2%.

Более высокие сборы сухого вещества, на уровне 2,80-2,94 т/га, превысившие контрольный вариант на 0,44-0,58 или 18,6-24,6%, получены на вариантах с Полишансом и Энергошансом соответственно.

Комплексным показателем оценки эффективности применения различных технологических решений, направленных на более полную реализацию урожайного потенциала полевых культур, является коэффициент использования фотосинтетически активной радиации ($K_{фАР}$). Он представляет собой выраженное в процентах отношение количества энергии, запасённой в урожае сединцы площади, к количеству поступившей на эту же площадь фотосинтетически активной солнечной радиации (ФАР), с длиной волны в диапазоне 380-710 нм.

Изучаемые нами органоминеральные удобрения и регулятор роста растений оказали заметное влияние на накопление солнечной энергии в урожае сухой биомассы озимой и яровой пшеницы и величину $K_{фАР}$.

В среднем за три года полевого эксперимента наибольшее накопление солнечной энергии в урожае озимой пшеницы отмечено на вариантах с Carb-N-Humic (173,1 ГДж/га), Carb-N-Humic+Альбит (170,0 ГДж/га) и Carb-N-Humic + Альбит + Hydro Mix (168,3 ГДж/га), где превышение над контролем составило за годы исследований 15,5, 12,4 и 10,7 ГДж/га или 6,4, 5,1 и 4,4% соответственно.

В среднем за три года на этих же вариантах отмечено наибольшее накопление солнечной энергии в урожае, превысившее контроль на 12,6, 9,1 и 5,2 ГДж/га или 24,7, 17,8 и 10,2%.

Аналогичные изменения по годам исследований и вариантам опыта отмечены и в отношении $K_{\text{фар}}$. В среднем же за три года исследований наиболее эффективное использование солнечной энергии на формирование урожая, с $K_{\text{фар}}$ на уровне 0,77%, наблюдалось при применении Энергошанса. Вторым по эффективности оказалось применение Полишанса (0,73%), а при использовании Carb-N-Humic в чистом виде или в сочетании с Альбитом и Hydro Mix $K_{\text{фар}}$ оказался равен 0,69% (рис. 5).

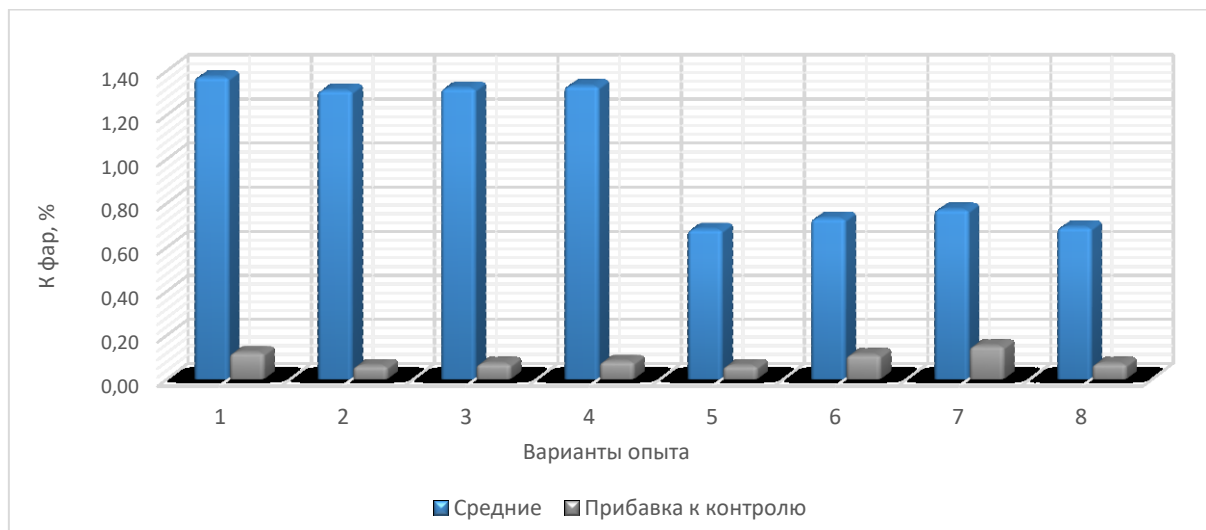


Рис. 5. Динамика величин $K_{\text{фар}}$ и прибавки к контролю по вариантам опыта с озимой (1, 2, 3, 4) и яровой (5, 6, 7, 8) пшеницей в Центральной почвенно-климатической зоне Оренбургской области (1,5–Carb-N-Humic, 2,6–Полишанс, 3,7–Энергошанс, 4,8 – средние), (средние данные за 2017–2019 гг.).

Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза характеризует величину зерна в надземной фитомассе и выражает расход метаболитов фотосинтеза и усвоенных минеральных удобрений. Минеральные удобрения оказывают существенное влияние на урожайность зерна пшеницы [9-11].

Расчет коэффициента хозяйственной эффективности существенно не отличалось по опытам озимой и яровой пшеницы. Так, например, для озимой пшеницы $K_{\text{хоз}}$ составило 0,40 ед, а для яровой пшеницы варьировало в пределах от 0,43 до 0,44 ед.

Заключение. Использование органоминеральных удобрений и регуляторов роста растений в посевах озимой и яровой пшеницы на стадии кушения приводит к улучшению фотосинтетической активности растений, что проявляется в увеличении площади ассимиляционного аппарата, коэффициента полезного действия фотосинтетического аппарата и урожая сухой биомассы. В посевах озимой пшеницы наиболее эффективным является использование жидкого азотного удобрения Carb-N-Humic, что приводит к урожайности сухой надземной биомассы 7,94 т/га и $K_{\text{фар}}$ 1,37%. В случае яровой пшеницы лучшими результатами отличается органоминеральное удобрение в хелатной форме Энергошанс, обеспечивая накопление сухого вещества 2,94 т/га и $K_{\text{фар}}$ 0,77%.

Список источников

1. Ничипорович А. А. Некоторые принципы комплексной оптимизации фотосинтетической деятельности и продуктивности растений // Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. М.: Изд-во АН СССР, 1970. С. 6-22.
2. Гулянов Ю. А. Продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы // Земледелие. 2006. № 6. С. 30-31. EDN: [HVTEBR](#)
3. Васин В. Г., Стрижаков А. О., Рухлевич Н. В., Смирнов А. С. Влияние системы применения удобрительных смесей мега-микс на фотосинтетическую деятельность и продуктивность посевов яровой пшеницы // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. (1 (45)), 89-96. DOI: [10.24412/2309-348X-2023-1-89-96](#) EDN: [SRUIOJ](#)
4. Ничипорович А. А. и др. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: АН СССР. 1961. EDN: [GWSUZW](#)
5. Ничипорович А. А., Куперман Ф. М. Фотосинтез и вопросы повышения урожайности растений // Вестник сельскохозяйственной науки. 1966. № 2. С. 1-12.
6. Балакшина В. И., Диканев Г. П., Богданенко Е. М., Ляхов А. Н. Фотосинтетическая продуктивность агроценозов яровой пшеницы в условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья // Адаптивно-ландшафтные системы земледелия для засушливых условий Нижнего Поволжья. 2005. С.150-154.
7. Синеговская, В.Т., Абросимова Т. Е. Активизация фотосинтетической деятельности яровой пшеницы при длительном применении удобрений // Вестник РАСХН. 2006. №5. С.43-45. EDN: [YAPJWX](#)
8. Щукин В. Б., Громов А. А., Щукина Н. В. Фотосинтетический потенциал посева озимой пшеницы и его окупаемость зерном при различных сроках внесения микроэлементов в условиях степной зоны Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2007. Т. 2. № 14-1. С. 29-31. EDN: [MGWFDL](#)
9. Ibragimova R. R., Yartsev G. F., Baikasenov R. K., Aysuvakova T. P., Kartabayeva B. B., Tseiko V. I., Kosolapov V. M. Productivity and quality of spring soft wheat grain depending on root feeding with liquid nitrogen fertilizers on black soils of south Orenburg region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2. Sep. "2nd All-Russian Conference with International Participation "Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants"". 2021. С. 012061. DOI: [10.1088/1755-1315/901/1/012061](#) EDN: [WINSIP](#)

10. Yartsev G. F., Baikasenov R. K., Kolesnikov A. A., Akhmetgaliev A. T., Episheva Yu. Yu. Improvement of elements of cultivation technology for winter crops and chickpea on chernozems of southern and dark chestnut soils of the Orenburg region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Practical Conference: Food and Environmental Security in Modern Geopolitical Conditions: Problems and Solutions (EPFS-2023). IOP Publishing Ltd. 2023. C. 012034. DOI: [10.1088/1755-1315/1206/1/012034](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1206/1/012034) EDN: [ZNQTHI](https://www.edn.ru/znqthi)
11. Yartsev G. F., Baikasenov R. K., Aysuvakova T. P., Kartabayeva B. B., Sidorenko A. V., Kostomakhin M. N., Kosolapov V. M. Influence of root feeding fertilizers on yield and quality of winter wheat grain in conditions of the central zone of Orenburg region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2. Ser. "2nd All-Russian Conference with International Participation "Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants". 2021. C. 012040.

References

1. Nichiporovich, A. A. (1970). Some principles of complex optimization of photosynthetic activity and plant productivity. *The most important problems of photosynthesis in crop production*. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. (In Russian).
2. Gulyanov, Yu. A. (2006). Productivity of photosynthesis of winter wheat. *Agriculture*. 6. 30-31. (In Russian). EDN: [HVTEBR](https://www.edn.ru/hvtebr)
3. Vasin, V. G., Strizhakov, A. O., Rukhlevich, N. V. & Smirnov A. S. (2023). The influence of the mega-mix fertilizer application system on photosynthetic activity and productivity of spring wheat crops. *Legumes and cereals*. (1 (45)), 89-96. (In Russian). DOI: [10.24412/2309-348X-2023-1-89-96](https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-1-89-96) EDN: [SRUIOJ](https://www.edn.ru/sruioj)
4. Nichiporovich, A. A., Stroganova, L. E., Chmora, S. N., & Vlasova, M. P. (1961). Photosynthetic activity of plants in crops. M.: USSR Academy of Sciences, 6-19. (In Russian). EDN: [GWSUZW](https://www.edn.ru/gwsuzw)
5. Nichiporovich, A. A. & Kuperman, F. M. (1966). Photosynthesis and issues of increasing plant productivity. *Bulletin of Agricultural Science*. 2. 1-12. (In Russian).
6. Balakshina, V. I. Dikanev, G. P., Bogdanenko, E. M. & Lyakhov A. N. (2005). Photosynthetic productivity of agroecosystems of spring wheat in the conditions of the dry-steppe zone of the Lower Volga region. *Adaptive landscape farming systems for arid conditions of the Lower Volga region*. 150-154. (In Russian).
7. Sinogovskaya, V. T. & Abrosimova, T. E. (2006). Activation of photosynthetic activity of spring wheat with prolonged application of fertilizers // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 5. 43-45. (In Russian). EDN: [YAPJWX](https://www.edn.ru/yapjwx)
8. Shchukin, V. B., Gromov, A. A. & Shchukina, N. V. (2007). Photosynthetic potential of winter wheat sowing and its payback by grain at various periods of application of trace elements in the conditions of the steppe zone of the Southern Urals. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2. 14-1. 29-31. (In Russian). EDN: [MGWFDL](https://www.edn.ru/mgwfdl)
9. Ibragimova, R. R., Yartsev, G. F., Baikasenov, R. K., Aysuvakova, T. P., Kartabayeva, B. B., Tseiko, V. I. & Kosolapov, V. M. (2021). Productivity and quality of spring soft wheat grain depending on root feeding with liquid nitrogen fertilizers on black soils of south Orenburg region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2. Ser. "2nd All-Russian Conference with International Participation "Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants". 012061. DOI: [10.1088/1755-1315/901/1/012061](https://doi.org/10.1088/1755-1315/901/1/012061) EDN: [WINSIP](https://www.edn.ru/winsip)
10. Yartsev, G. F., Baikasenov, R. K., Kolesnikov, A. A., Akhmetgaliev, A. T. & Episheva, Yu. Yu. (2023). Improvement of elements of cultivation technology for winter crops and chickpea on chernozems of southern and dark chestnut soils of the Orenburg region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. International Scientific and Practical Conference: Food and Environmental Security in Modern Geopolitical Conditions: Problems and Solutions (EPFS-2023). IOP Publishing Ltd. 012034. DOI: [10.1088/1755-1315/1206/1/012034](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1206/1/012034) EDN: [ZNQTHI](https://www.edn.ru/znqthi)
11. Yartsev, G. F., Baikasenov, R. K., Aysuvakova, T. P., Kartabayeva, B. B., Sidorenko, A. V., Kostomakhin, M. N. & Kosolapov, V. M. (2021). Influence of root feeding fertilizers on yield and quality of winter wheat grain in conditions of the central zone of Orenburg region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2. Ser. "2nd All-Russian Conference with International Participation "Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants". 012040.

Информация об авторах:

Ю. Ю. Епишева – соискатель;
Г. Ф. Ярцев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Р. К. Байкасенов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors:

Y. Y. Episheva – Applicant;
G. F. Yartsev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
R. K. Baykasenov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 2.09.2025; одобрена после рецензирования 29.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.
The article was submitted 2.09.2025; approved after reviewing 29.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 631.82

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-36-40

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАЛИЙСОДЕРЖАЩЕГО ГЛИНИСТОГО ШЛАМА ДЛЯ УДОБРЕНИЯ КУКУРУЗЫ

Анатолий Михайлович Никоноров¹, Василий Борисович Троц², Наталья Михайловна Троц³✉^{1, 2, 3} Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия¹ nik_am@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-7861-0768>² dr.troz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0214-3529>³ troz_shi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3774-1235>

Резюме. В статье приводятся результаты полевых опытов, полученные в типичных для южной агроклиматической зоны Самарской области погодных условиях вегетационных периодов 2022-2024 гг. на черноземе типичном предприятия ООО «Сев07». Целью являлось выявление эффективности применения глинисто-солевого шлама (ГСШ) в качестве комплексного калийсодержащего удобрения под посевы кукурузы на зерно. Опыты проводились в соответствии с существующими методическими указаниями, с размещением различных вариантов внесения ГСШ под посевы кукурузы гибрида Амавит при естественном увлажнении почвы и при орошении. Агротехника выращивания опытных посевов кукурузы - общепринятая для данной зоны с размещением ее после озимой пшеницы, идущей по чистому пару. Исследованиями выявлено, что внесение в почву калийсодержащего глинисто-солевого шлама (ГСШ) на фоне применения азотно-фосфорных удобрений в норме $N_{60}P_{60}$, достоверно обеспечивает прибавку урожайности зерна кукурузы, по сравнению с неудобренным посевом, в пределах 17,6-34,4 % и позволяет дополнительно получать на неорошаемом участке 1,20-2,34 т, а в условиях орошения - 1,80-3,69 т зерна с 1 га. При этом экономически оптимальной нормой внесения калия в форме ГСШ является 80 кг д.в./га. Его применение в сравнительно небольшой норме - 40 кг д.в./га не имеет существенных преимуществ перед фоновым вариантом, а внесение повышенных норм - 120 кг д.в./га и 160 кг д.в./га, требует значительных материальных затрат и ведет к снижению рентабельности производства. При удобрении кукурузы только азотно-фосфорными препаратами прибавка урожайности зерна равна 0,72 т/га, или 10,5 % от контроля.

Ключевые слова: мочевина, полевой опыт, калий, аммофос, кукуруза, урожай, зерно, вариант, повторность, поле, посев

Для цитирования: Никоноров А. М., Троц В. Б., Троц Н. М. Использование калийсодержащего глинистого шлама для удобрения кукурузы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 36-40. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-36-40

Original article

USE OF POTASSIUM-CONTAINING CLAY SLURRY FOR CORN FERTILIZATION

Anatoly M. Nikonorov¹, Vasily B. Trots², Natalia M. Trots³✉^{1, 2, 3} Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia¹ nik_am@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-7861-0768>² dr.troz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0214-3529>³ troz_shi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3774-1235>

Abstract. The article presents the results of field experiments conducted in the typical weather conditions of the southern agro-climatic zone of the Samara Region during the growing seasons of 2022-2024 on the typical black soil of the Sev07 LLC enterprise. The purpose of the experiments was to determine the effectiveness of using clay-salt slurry (CSS) as a complex potassium-containing fertilizer for grain corn crops. The experiments were conducted in accordance with the existing guidelines, using various options for applying clay-salt slurry (CSS) to Amavit hybrid corn crops under natural soil moisture conditions and during irrigation. The cultivation of experimental corn crops was carried out in accordance with the usual agricultural practices for this zone, with corn being planted after winter wheat grown in a clean fallow field. Studies have revealed that the introduction of potassium-containing clay-salt slurry (CSS) into the soil against the background of the use of nitrogen-phosphorus fertilizers at a rate of $N_{60}P_{60}$ d. v. per 1 ha, significantly provides an increase in corn grain yield, compared with non-fertilized sowing, within 17.6-34.4% and allows additional production of 1.20-2.34 tons, and under irrigation conditions - 1.80-3.69 tons of grain per 1 ha. At the same time, the economically optimal rate of potassium application in the form of clay-salt slurry (CSS) is 80 kg/ha. Its application in a relatively small amount of 40 kg/ha does not have significant advantages over the background option, and the application of higher rates of 120 kg/ha and 160 kg/ha requires significant material costs and leads to a decrease in production profitability. When corn is fertilized with nitrogen and phosphorus only, the increase in grain yield is only 0.72 t/ha, or 10.5% of the control.

Keywords: urea, field experience, potassium, amophos, corn, yield, grain, variant, repetition, field, sowing

For citation: Nikonorov, A. M., Trots, V. B. & Trots, N. M. (2025). Use of potassium-containing clay slurry for corn fertilization. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 36-40. (In Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-36-40

В последние годы, вместе с яровой пшеницей и соей, важное место в структуре товарной продукции сельскохозяйственных предприятий южной агроклиматической зоны Самарской области стала занимать кукуруза на зерно. Этому способствует хорошая обеспеченность агроландшафтов ресурсами тепла, обилие солнечных дней, продолжительный вегетационный период и наличие черноземных почв с достаточной мощностью гумусового горизонта, а также возможности размещения культуры на орошаемых землях. Наряду с природными условиями, расширение посевных площадей под зерновой кукурузой обусловлено и внедрением в производство современных технологических приемов ее возделывания, уборки урожая и хранения

зерна. В результате основная часть хозяйств, занимающихся данной культурой в настоящее время, вышла на уровень получения урожая зерна в 5-6 т с 1 га, что сравнительно неплохо по отношению к другим зерновыми культурам, но значительно меньше потенциальных возможностей современных гибридов и показателей передовых хозяйств страны [1, 2].

Причиной этому, по мнению многих специалистов, является несбалансированное минеральное питание растений и недостаточная их обеспеченность макро- и микроэлементами в результате снижения уровня плодородия почвы, а также уменьшение объемов применения минеральных удобрений, стоимость которых ежегодно возрастает и для многих хозяйств становится недоступной [3, 4].

Однако, имеются разработки известных ученых-агрохимиков по использованию в качестве минерального удобрения под кукурузу сравнительно дешёвых побочных продуктов химической промышленности, содержащих необходимые биогенные элементы. Одним из таких отходов является калийсодержащий глинисто-солевой шлам (ГСШ) ООО «ЕвроХим-Проект», который можно использовать в условиях Самарской области. Но каких-либо научных исследований по данному вопросу в условиях региона не проводилось и нет рекомендаций по его применению под полевые культуры. Поэтому полевые эксперименты по данной тематике и их результаты являются актуальными и имеют большую практическую значимость [5, 6].

Цель исследований. Выявить эффективность применения глинисто-солевого шлама (ГСШ) в качестве комплексного калийсодержащего удобрения под посевы кукурузы на зерно.

Задачи исследований:

- установить степень влияния различных норм глинисто-солевого шлама (400 кг/га, 600 кг/га; 800 кг/га; 1200 кг/га и 1600 кг/га) на урожай зерна кукурузы в условиях естественного увлажнения почвы и при орошении;
- выявить оптимальную норму внесения глинисто-солевого шлама обеспечивающую получение максимальной урожайности зерна кукурузы с 1 га посевов;
- определить экономически наиболее целесообразный вариант внесения глинисто-солевого шлама при возделывании кукурузы на зерно при различном режиме увлажнения почвы.

Материалы и методы исследований. Поставленные задачи решались путем проведения полевых опытов, которые закладывались в Приволжском муниципальном районе на полях орошаемого севооборота ООО «Сев07». Эксперименты проводились в течении вегетационных периодов 2022-2024 гг., с контрастными погодными условиями, что типично для климата данной зоны. Весна и лето 2022 года отличались избытком тепла и дефицитом осадков при ГТК 0,72. Вегетация опытных растений в 2023 году проходила на фоне близких к среднесезонным индексам температуры воздуха и атмосферных осадков, со средним значением ГТК – 0,83. Рост и развитие растений в 2024 году протекали при прохладной и дождливой погоде в первой половине лета и умеренно-теплой, и сухой – в августе и сентябре, ГТК равнялся 0,85 единицам.

Опытный участок располагался на третьей террасной части поймы левого берега р. Волга и имел выровненный микро-рельеф. Его почвенный покров – чернозём обыкновенный среднесиловый с зернистой или комковато-зернистой структурой пахотного горизонта и содержанием в нем 5,2 % гумуса, 18,5 мг/100 г подвижного фосфора и 24,4 мг на 100 г почвы – обменного калия. Схема опыта включала семь вариантов, пять из которых предусматривали внесение различных норм ГСШ. Они приведены в таблице 1

Таблица 1

Схема полевого опыта, 2022-2024 гг.

Номер варианта	Нормы внесения удобрений	Способ применения
1	Контроль – (без удобрения)	Расчетные нормы глинисто-солевого шлама (ГСШ) вносились весной – под культивацию. Минеральные азотные и фосфорные удобрения в дозе $N_{40}P_{40}$ – весной под культивацию, а оставшаяся часть $N_{20}P_{20}$ – при посеве
2	$N_{60}P_{60}$ (Фон)	
3	Фон + ГСШ (400 кг/га или 40 кг/га д.в.)	
4	Фон + ГСШ (600 кг/га или 60 кг/га д.в.)	
5	Фон + ГСШ (800 кг/га или 80 кг/га д.в.)	
6	Фон + ГСШ (1200 кг/га или 120 кг/га д.в.)	
7	7Фон + ГСШ (1600 кг/га или 160 кг/га д.в.)	

Глинисто-солевой шлам представлял собой серую пастообразную массу с содержанием обменного калия (K_2O) в продукте в пределах 10 % (по лабораторным данным производителя). Перед внесением в почву расчетная норма ГСШ разбавлялась водой и вносилась с помощью разбрасывателя жидких удобрений МЖТ-3, в вариантах опыта № 3-7, распределялась по поверхности почвы. Затем, в соответствии со схемой опыта и принятой в хозяйстве системой удобрения кукурузы, навесной машиной РМУ-1000 по поверхности почвы опытных делянок разбрасывались минеральные удобрения: азотные – в виде карбамида (мочевина) $H_2N-CO-NH_2$ в норме 98 кг/га в физическом весе, или 45 кг/га д.в.; фосфорные – в виде аммофоса ($NH_4H_2PO_4 + (NH_4)_2HPO_4$) в норме 115 кг/га в физическом весе, или 15 кг/га – N и 60 кг/га – P_2O_5 действующего вещества. Причем, 60 % расчетной нормы минеральных удобрений вносилось под культивацию и вместе с ГСШ заделывалась в почву культиватором КПМ-8 в агрегате с трактором БТЗ-242. Вторая часть (40%) фосфорных и азотных удобрений вносилась при посеве, путем их высева через туковывсевающие аппараты сеялки GASPARDO.

Агротехника в опыте была общепринятой для кукурузы на зерно в данной зоне, с ее размещением третьей культурой в севообороте после озимой пшеницы, идущей по чистому пару. Подготовка почвы включала двухкратную обработку поля дисковой бороной БДМ 7 на глубину до 14 см, сразу после уборки предшественника. В последующем выполнялось чизелевание пахотного горизонта на глубину 27-30 см плугом ПЧ-4,5. Весной, при физической спелости почвы, поле боронили тяжелыми зубowymi боронами ЗБЗТС-1, при прорастании сорняков поле культивировали машиной КПМ-8, этим же культиватором

проводили и предпосевную культивацию. Посев семян гибрида «Амавит» проводился широкорядным способом в оптимальные агротехнические сроки с нормой высева 65 тыс./га и шириной междурядий 70 см. Уход за посевами включал боронование по всходам и две междурядные обработки в период вегетации растений культиватором КРН-5,6.

Все варианты опыта при естественном увлажнении почвы и при ее орошении дождевальной фронтальной оросительной машиной BAUER. Число поливов по годам варьировало от двух до четырех и зависело от влажности почвы, которая поддерживалась в пределах 70-75 от ПВ.

Выбор экспериментального участка, закладка полевого опыта, а также все наблюдения за посевами и биометрические учеты проводилась в соответствии с требованиями действующих методических указаний по проведению полевых опытов: методика опытного дела Б.А. Доспехова [7]; методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями [8]; методические требования к полевому опыту [9]; основы научных исследований в агрономии [10].

Общая площадь делянок – 500 м², учетная 150 м², что позволяло использовать для уборки урожая зерна обычный самоходный зерноуборочный комбайн АКРОС – 585. Повторность вариантов трехкратная с систематическим размещением вариантов опыта.

Математическая обработка экспериментального материала выполнялась в вычислительном центре, а экономическая оценка результатов исследований проведена по методике, разработанной кафедрой «Экономика и организация агробизнеса» ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

Результаты исследований. Опытами установлено, что при строгом соблюдении всех технологических особенностей выращивания раннеспелого простого гибрида универсального использования Амавит в условиях хозяйства можно получать достаточно высокие урожаи зерна кукурузы даже при существующем уровне плодородия почвы и естественном режиме увлажнения территории. В годы исследований средняя урожайность посева контрольного варианта нашего опыта составила 6,80 т/га.

Таблица 2

Урожайность зерна кукурузы, 2022-2024 гг.

Варианты опыта	Без орошения			На орошении		
	урожайность зерна, т/га	прибавка		урожайность зерна, т/га	прибавка	
		т/га	%		т/га	%
Контроль – (без удобрения)	6,80	-	-	10,11	-	-
N ₆₀ P ₆₀ (Фон)	7,52	0,72	10,5	11,49	1,38	13,6
Фон + ГСШ (40 кг/га д.в.)	8,00	1,20	17,6	11,91	1,80	17,8
Фон + ГСШ (60 кг/га д.в.)	8,26	1,46	21,4	12,35	2,24	22,1
Фон + ГСШ (80 кг/га д.в.)	8,59	1,79	26,3	12,89	4,38	27,4
Фон + ГСШ (120 кг/га д.в.)	8,95	2,15	31,6	13,20	3,09	30,5
7Фон + ГСШ (160 кг/га д.в.)	9,14	2,34	34,4	13,80	3,69	36,4
НСП ₀₅	0,22	-	-	0,30	-	-

Внесение в почву азотных и фосфорных удобрений в виде мочевины и аммофоса, из расчета N₆₀P₆₀ действующего вещества на 1 га, повышает продуктивность растений на не орошаемом участке в среднем на 10,5 % – до 7,52 т/га, позволяя дополнительно получать 0,72 т зерна с 1 га. Добавление к внесенному в почву азоту и фосфору еще и калия в форме глинисто-солевого шлама в норме 40 кг д.в./га улучшает минеральное питание растений и доводит сборы зерна с 1 га до 8,00 т, что уже на 17,6%, или 1,20 т/га больше контрольного значения.

Повышение нормы применения ГСШ – до 60 кг д.в./га (вариант 4) лучше оптимизировало режим минерального питания растений, и способствовало дальнейшему росту урожайности зерна кукурузы - до 8,26 т/га, что на 21,4 % больше контрольного индекса.

Увеличение нормы внесения калия – до 80 кг д.в./га (вариант 5) также обуславливало росту урожайности зерна кукурузы – до 8,59 т/га и превышение показателя предыдущего, 4 варианта опыта - на 4,9 %, с прибавкой сборов зерна, по отношению к контролю, в пределах 1,79 т/га, или 26,3 %. Дальнейшее увеличение норм внесения ГСШ – до 120 кг д.в./га и 160 кг д.в./га способствовало более полному удовлетворению потребностей растений кукурузы в калии и оптимизации его соотношения с азотом и фосфором, что улучшало доступность макроэлементов корневой системой растений. Урожайность зерна в этих вариантах опыта имела максимальные значения и равнялась соответственно 8,95 т/га и 9,14 т/га, что на 31,6 % и 34,4 % больше контрольного индекса.

Анализ полученных урожайных данных вариантов, размещенных на орошаемой части опыта, показал, что дополнительное увлажнение черноземов южной агроклиматической зоны области позволяет посевам зерновой кукурузы полнее использовать генетический потенциал, а также имеющиеся агроклиматические ресурсы и внесенные в почву дополнительные объемы элементов минерального питания. Их урожайность была в среднем на 48,6-50,9 % выше показателей неорошаемой кукурузы.

В контрольном варианте опыта она составляла 10,11 т/га, то есть, только за счет организации орошения неудобренного чернозема в условиях хозяйства можно дополнительно получить 3,31 т зерна с 1 га, а внесение принятых норм азотных и фосфорных удобрений (N₆₀P₆₀) (вариант 2) доводит сборы зерна кукурузы до 11,49 т/га.

В варианте 3, с внесением на фоновом уровне N₆₀P₆₀ еще и сравнительно небольшой нормы калия – 40 кг д.в./га в составе ГСШ, урожайность зерна возрастала до 11,91 т/га, что на 17,8 % больше значения контрольного варианта. Повышение нормы внесения калия - до 60 кг д.в./га (вариант 4) обуславливала дальнейший рост сборов зерна с 1 га, который равнялся 12,35 т, что на 22,1 % больше контрольного индекса. Внесение в почву калия в норме 80 кг д.в./га на фоне применения азотно-фосфорного удобрения (вариант 5) гарантировало получение урожаев зерна в пределах 12,89 т/га, что на 12,1 % больше

значения фонового варианта 2 и на 27,0 % выше показателя контрольного посева. Внесение в почву повышенных норм ГСШ, из расчета 120 кг д.в. и 160 кг д.в. калия на 1 га, позволяет максимально увеличить сборы зерна с 1 га, соответственно – до 13,30 т/га и 13,80 т/га, что на 30,5 % и 36,4 % выше контрольного индекса.

Известно, что основным определяющим критерием внедрения в производство тех или иных инновационных агротехнических приемов в современных экономических условиях является их экономическая целесообразность и окупаемость дополнительных затрат стоимостью полученной прибавки продукции [11, 12].

Проведенными экономическими расчетами в нашем опыте установлено, что при условии продажи произведенного зерна по сложившимся рыночным ценам, из расчета 17 тыс. руб. за 1 т. зерна, денежная выручка от продажи урожая кукурузы произведенного в вариантах неорошаемого участка будет варьировать от 115,6 тыс. руб./га до 155,4 тыс. руб./га, при этом производственные затраты на выполнение всех технологических операций в опыте, в том числе и на покупку удобрений, ГСШ, их доставку и внесение будут составлять 55,5-77,5 тыс. руб./га. Полученная денежная выручка позволит полностью окупить понесенные затраты и получить условно чистый доход в размере 60,1-77,8 тыс. руб./га с уровнем рентабельности производства 100,3-110,0 %.

Анализ данных по вариантам опыта выявил, то покупка, транспортировка и внесение минеральных удобрений потребовало дополнительных материальных и денежных расходов, в результате производственные затраты в фоновом варианте опыта (вариант 2) оказались на 5,5 тыс. руб./га больше, чем в контрольном варианте.

При дальнейшей интенсификации производства, то есть при внесении глинисто-солевого шлама (ГСШ) в норме 40 кг д.в./га (вариант 3) и 60 кг д.в./га (вариант 4) производственные затраты увеличились, по сравнению с контролем, и составили соответственно на 10,1 тыс. руб./га и 12,1 тыс. руб./га. Возросли и объемы дополнительно произведенного зерна, однако денежная выручка от его продажи оказалась сравнительно не высокой для удержания показателя рентабельности на уровне контрольного значения. В данных вариантах опыта он равнялся только 107,3 % и 107,6 %, против 108,2% – в контрольном варианте.

С увеличением нормы применения калия – до уровня 80 кг д.в./га (вариант 5) объем дополнительно произведенного зерна в денежном выражении повышался на 3,9 % - до 146,0 тыс. руб./га. При этом производственные затраты возрастали лишь на 2,8 %, в результате уровень рентабельности в данном варианте опыта, несмотря на возрастание производственных затрат, превысил контрольный показатель и достиг уровня 110,0 %.

Дальнейшее повышение нормы внесения ГСШ - до 120 кг д.в. калия на 1 га (вариант 6) обеспечивало существенную прибавку урожая, по сравнению контрольным вариантом и вариантом 3, где вносилась минимальная норма калия – 40 кг д.в./га. Весь полученный урожай с 1 га оценивался в 152,1 тыс. руб. Но и производственные затраты на его получение составляли 73,3 тыс. руб./га. В результате рентабельность производства, в данном варианте опыта, снижалась до 107,7 %.

В варианте отрыта 7, где норма внесения калия равнялась 160 кг д.в./га производственные затраты, по сравнению с фоновым вариантом 2 повышались на 27,0 %, или на 16,5 тыс. руб./га, это вело к уменьшению размера условно чистого дохода, по сравнению с предыдущим вариантом опыта, и снижению уровня рентабельности производства – до 100,3%.

Анализ экономических показателей в вариантах с орошаемыми посевами кукурузы показал, что в условиях дополнительного дождевания растений кукурузы можно получать достаточно высокие денежные доходы от продажи продукции – на уровне 171,9-234,6 тыс. руб./га. Это на 48,7-51,1 % больше, чем в посевах кукурузы без орошения. Но и затраты на производство зерна орошаемой кукурузы были в среднем в 1,3-1,4 раз выше, чем при выращивании неорошаемой кукурузы. Дополнительная плата за орошаемую воду составляла около 20 тыс. руб./га. Тем не менее орошаемые посевы позволяют получать условный чистый доход на уровне 96,4-137,1 тыс. руб./га, что в 1,6-1,8 раз больше показателей неорошаемых посевов.

Однако, несмотря на значительные производственные затраты, они полностью окупаются дополнительной продукцией с уровнем рентабельности производства 127,6-144,8 %. При этом максимальный показатель рентабельности был получен в 5 варианте опыта, где к фоновому количеству азотного и фосфорного удобрения ($N_{60}P_{60}$) добавлялось 80 кг д.в./га калия, содержащегося в глинисто-солевом шламе (ГСШ).

Варианты 6 и 7 с внесением повышенных нормы калия - 120 кг д.в./га и 160 кг д.в./га по показателям рентабельности производства, соответственно 140,5 % и 140,6 % не имели существенного преимущества перед 5 вариантом опыта. Поскольку внесение повышенных норм ГСШ требовало дополнительных материальных затрат, рост которых по сравнению с 5 вариантом опыта составлял, соответственно 4,2 % и 8,9 %, при относительно небольшой прибавке стоимости продукции – 2,4% и 7,1 %.

Заключение. Проведенные опыты позволяют сделать следующие основные выводы:

1. Внесение в почву калийсодержащего глинисто-солевого шлама (ГСШ) на фоне применения азотно-фосфорных удобрений в норме $N_{60}P_{60}$ д. в. на 1 га, достоверно обеспечивает прибавку урожая зерна кукурузы даже без орошения на 17,6-34,4% по отношению к неудобренному посеву.

2. При внесении только азотно-фосфорного удобрения прибавка урожайности зерна кукурузы равно лишь 0,72 т/га, или 10,5 % от контроля.

3. Искусственное поддержание оптимальной влажности почвы под кукурузой позволяет увеличить ее урожайность, по сравнению с неорошаемыми посевами в среднем на 48,6-50,9 % - до 10,11-13,80 т/га.

4. Максимальные сборы зерна кукурузы с 1 га как на участке без орошения, так и при орошении обеспечивают варианты с внесением на фоновом уровне азотно-фосфорных удобрений калия в норме 120 кг д.в./га и 160 кг д.в./га. Однако их применение требует существенных дополнительных материальных затрат и ведет к снижению рентабельности производства. Экономически оптимальной нормой внесения калия в форме ГСШ является 80 кг д.в./га.

Список источников

- Куликова А. Х., Волкова Е. С., Яшин Е. А. Цеолит и удобрения на его основе в системе удобрения озимой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. №2(66). С. 84-89. DOI: [10.18286/1816-4501-2024-2-84-89](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2024-2-84-89) EDN: PGYNCG
- Аканова Н. И., Троц Н. М., Троц В. Б. [и др.]. Агроэкологическая оценка эффективности применения глинисто-солевого шлама Усольского калийного комбината в агроценозах зерновых культур // Плодородие. 2023. №2(131). С. 71-75. DOI: [10.25680/S19948603.2023.131.16](https://doi.org/10.25680/S19948603.2023.131.16) EDN: JYDDDF
- Никитин С. Н., Шарипова Р. Б. Оценка изменения агроклиматического потенциала Ульяновской области на производство продукции растениеводства // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. №3(59). С. 36-42. DOI: [10.18286/1816-4501-2022-3-36-42](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2022-3-36-42) EDN: LSBPDS
- Багринцева В. Н., Ивашенко И. Н., Дриггер В. В. [и др.]. Применение различных удобрений для повышения урожайности кукурузы в ставропольском крае // Агрохимия. 2024. №9. С. 28-35. DOI: [10.31857/S0002188124090039](https://doi.org/10.31857/S0002188124090039) EDN: CCZGQL
- Троц Н. М., Троц В. Б., Жебряткина И. Я. Влияние водной вытяжки из ствола сосны обыкновенной на урожайность яровой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №1(69). С. 35-41. DOI: [10.18286/1816-4501-2025-1-35-41](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2025-1-35-41) EDN: BKKFQV
- Абдулвалеев Р. Р., Ахияров Б. Г., Валитов А. В. [и др.]. Устойчивость гибридов кукурузы к основным болезням и вредителям // Пермский аграрный вестник. 2024. №2(46). С. 24-31. DOI: [10.47737/2307-2873_2024_46_24](https://doi.org/10.47737/2307-2873_2024_46_24) EDN: BUQSLQ
- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5 изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Паников В. Д. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. М.: ВИА. 1983. 22 с.
- Понькина Е. В., Суманосова М. А., Оскорбин Н. М. Методика оценки экономических показателей производства продукции растениеводства // Известия Алтайского государственного университета. 2003. № 1(27). С. 37-44. EDN: PLSVIR
- Троц Н. М., Троц В. Б., Бокова А. А. Эффективность применения калийно-натриевого глинистого удобрения (КНГУ) в посевах кукурузы // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур : сборник научных трудов. Москва, 2024. С. 262-267.

References

- Kulikova, A. Kh., Volkova, E. S. & Yashin, E. A. (2024). Zeolite and fertilizers based on it in the system of fertilization of winter wheat. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2(66). 84-89. (In Russian). DOI: [10.18286/1816-4501-2024-2-84-89](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2024-2-84-89) EDN: PGYNCG
- Akanova, N. I., Trots, N. M., Trots, V. B. [et al.]. (2023). Agroecological assessment of the effectiveness of using clay-salt sludge from the Usolsky Potassium Combine in grain crop agrocenoses. *Fertility*. 2(131). 71-75. (In Russian). DOI: [10.25680/S19948603.2023.131.16](https://doi.org/10.25680/S19948603.2023.131.16) EDN: JYDDDF
- Nikitin, S. N. & Sharipova, R. B. (2022). Assessment of Changes in the Agroclimatic Potential of the Ulyanovsk Region for Crop Production. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. №3(59). 36-42. (In Russian). DOI: [10.18286/1816-4501-2022-3-36-42](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2022-3-36-42) EDN: LSBPDS
- Bagrintseva, V. N., Ivashenko, I. N., Dridige, V. V. [et al.]. (2024). Application of various fertilizers to increase the yield of corn in the Stavropol Territory. *Agrochemistry*. 9. 28-35. (In Russian). DOI: [10.31857/S0002188124090039](https://doi.org/10.31857/S0002188124090039) EDN: CCZGQL
- Trots, N. M., Trots, V. B. & Zhebratkina, I. Ya. (2025). The Influence of an Aqueous Extract from the Trunk of Scots Pine on the Yield of Spring Wheat. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 1(69). 35-41. (In Russian). DOI: [10.18286/1816-4501-2025-1-35-41](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2025-1-35-41) EDN: BKKFQV
- Abdulvaleev, R. R., Akhiyarov, B. G., Valitov, A. V. [et al.]. (2024). Resistance of Corn Hybrids to the Main Diseases and Pests. *Perm Agricultural Bulletin*. 2(46). 24-31. (In Russian). DOI: [10.47737/2307-2873_2024_46_24](https://doi.org/10.47737/2307-2873_2024_46_24) EDN: BUQSLQ
- Dospekhov, B. A. (1985). Methodology of field experience. 5 th ed., revised and add. Moscow: Agropromizdat. (In Russian).
- Pannikov, V. D. (1983). Guidelines for conducting research in long-term experiments with fertilizers. Moscow: VIA. (In Russian).
- Ponkina, E. V., Sumanosova, M. A. & Oskorbin, N. M. (2003). Methodology for assessing economic indicators of crop production. *Bulletin of the Altai State University*. 1(27). 37-44. (In Russian). EDN: PLSVIR
- Trots N.M., Trots V.B., Bokova A.A. (2024). The Effectiveness of Potassium-Sodium Clay Fertilizer (KNGU) Application in Corn Crops. *Prospects for the Use of Innovative Forms of Fertilizers, Plant Protection Products, and Growth Regulators in Agricultural Crop Technologies* : collection of scientific papers. (pp. 262-267). (In Russian).

Информация об авторах:

А. М. Никоноров – аспирант;
В. Б. Троц – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
Н. М. Троц – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors:

A. M. Nikonorov – postgraduate student;
V. B. Trots – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
N. M. Trots – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 22.07.2025; одобрена после рецензирования 29.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.
The article was submitted 22.07.2025; approved after reviewing 29.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 63.5995

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-41-46

ВЛИЯНИЕ ФОНА ПИТАНИЯ И СХЕМ ЛИСТОВЫХ ПОДКОРМОК НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА СИЛОС

Владимир Николаевич Фомин^{1✉}, Ильнар Ризванович Гайнутдинов²^{1,2} Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия¹ professorfomin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0967-4194>² ilnargay7@list.ru, <https://orcid.org/0009-0002-5223-4709>

Резюме. В данной статье рассматривается фотосинтетическая деятельность посевов кукурузы при возделывании на силос в условиях Среднего Поволжья. Приведены трехлетние данные по влиянию фона питания и схем листовых подкормок на площадь листьев и листовой фотосинтетический потенциал кукурузы. Изучено влияние однокомпонентных и многокомпонентных баковых смесей на фотосинтетические параметры посевов кукурузы. Экспериментально установлена оптимальная схема листовой подкормки микроэлементами удобрений и стимуляторами роста на продуктивность кукурузы. В работе представлены результаты различных схем листовых подкормок на разных фонах питания. Изучение фотосинтетической деятельности посевов кукурузы проводилось на опытном участке в ООО Агрофирма «Кырлай» Арского района Республики Татарстан. Проведенные исследования показали, что посевы гибрида кукурузы РОСС 199 МВ формируют фотосинтетический потенциал до 3,306 млн. м²/га дней при комплексной обработке четырёхкомпонентной (Батр + Органит Р + Органит N + Биодукс) баковой смесью. Внесение минеральных удобрений на планируемый урожай 35,0 т/га зеленой массы повышает все параметры фотосинтетической деятельности посевов кукурузы: площадь листовой поверхности возрастала в среднем за 3 года на 33,9 %; фотосинтетический потенциал – на 57,7 %. Установлено, что использование четырехкомпонентной (Батр + Органит Р + Органит N + Биодукс) баковой смеси на удобренном фоне повышало урожайность в среднем за три года на 6,8 т/га или 21,2 % по сравнению с контролем.

Ключевые слова: кукуруза, урожайность, удобрения, фотосинтетическая деятельность посевов, площадь листьев, многокомпонентные смеси, стимуляторы роста, листовые подкормки

Для цитирования: Фомин В. Н., Гайнутдинов И. Р. Влияние фона питания и схем листовых подкормок на фотосинтетическую деятельность посевов и продуктивность кукурузы при возделывании на силос // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4, С. 41-46 DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-41-46

Original article

INFLUENCE OF FEEDING BACKGROUND AND FOLIAR FEEDING SCHEMES ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF CROPS AND PRODUCTIVITY OF CORN DURING SILAGE CULTIVATION

Vladimir N. Fomin^{1✉}, Ilnar R. Gainutdinov²^{1,2} Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia¹ professorfomin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0967-4194>² ilnargay7@list.ru, <https://orcid.org/0009-0002-5223-4709>

Abstract. This article examines the photosynthetic activity of corn crops during silage cultivation in the Middle Volga region. Three-year data on the influence of feeding background and foliar feeding schemes on leaf area and foliar photosynthetic potential of corn are presented. The influence of single-component and multi-component tank mixtures on the photosynthetic parameters of corn crops was studied. An optimal scheme of foliar fertilization with microelements of fertilizers and growth stimulants on the productivity of corn has been experimentally established. The paper presents the results of various schemes of foliar fertilization on different nutrition backgrounds. The study of photosynthetic activity of corn crops was carried out on an experimental plot of KyrlyayAgrofirma LLC in the Arsky District of the Republic of Tatarstan. The studies have shown that crops of the ROSS 199 MV hybrid corn form a photosynthetic potential of up to 3.306 million m²/ha days with complex treatment with a four-component (Batr + Organit P + Organit N + Biodukc) tank mixture. The application of mineral fertilizers to the planned yield of 35.0 t/ha of green mass increases all parameters of photosynthetic activity of corn crops: the leaf surface area increased by 33.9% on average over 3 years; photosynthetic potential – by 57.7%. It was found that the use of a four-component (Batr + Organit R + Organit N + Biodukc) tank mixture on a fertilized background increased the yield on average over three years by 6.8 t/ha or 21.2% compared to the control.

Keywords: corn, yield, fertilizers, photosynthetic activity of crops, leaf area, multi-component mixtures, growth stimulants, foliar feeding

For citation: Fomin, V. N. & Gainutdinov, I. R. (2025). Influence of feeding background and foliar feeding schemes on photosynthetic activity of crops and productivity of corn during silage cultivation. *Izvestia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 10, 4. 41-46. (in Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-41-46

Изучение влияния отдельных технологических приемов на рост и развитие сельскохозяйственных культур, как правило, сопровождается увеличением фотосинтетической деятельности в посевах. Это вопрос чрезвычайно важен, поскольку изменение условий произрастания растений неизбежно, прямо или косвенно, оказывает положительное воздействие на продукционный процесс, а значит и на формирование урожая [1]. Увеличение валовых сборов урожая зеленой массы кукурузы

можно обеспечить путем повышения эффективности использования солнечной энергии растениями. Среди факторов, определяющих этот процесс, выделяют площадь листьев, которая синтезирует 95% урожая [2], и фотосинтетический потенциал посевов [3]. Поэтому приемы, позволяющие увеличить листовую поверхность и более продолжительное ее функционирование имеют большое значение [4, 5]. Внесение расчетных норм минеральных удобрений и применение листовых подкормок являются важными элементами в технологии возделывания кукурузы.

Цель исследования. Разработка оптимальных норм питания кукурузы, выращиваемой на силос за счет применения листовых подкормок на ранних стадиях развития (фаза 2-5 листьев) для достижения максимальной продуктивности посевов и планируемой урожайности.

Объекты исследований: раннеспелый гибрид кукурузы РОСС-199 МВ; препарат, регулирующий рост растений Биодукс, биопрепараты Органит Р, Органит N и микроудобрение Батр.

Материалы и методы исследований. В процессе работы были использованы: методика закладки и проведения полевых опытов, аналитические, лабораторные и биохимические методы исследований. Проведена обработка полученных данных с помощью компьютерной программы @AGROS-2|09 для статистического анализа в растениеводстве.

Полевой опыт был заложен в 2022-2024 гг. в ООО Агрофирма «Кырлай» Арского района Республики Татарстан, а агрохимические показатели почвы проведены совместно с лабораторией федерального государственного бюджетного учреждения «Центр агрохимической службы "Татарский"».

Для решения поставленных задач проведен двухфакторный опыт.

Опыт был заложен по схеме (2×2)×9 в трехкратной повторности методом расщепленных делянок со следующими факторами и грациями:

Фактор А – фон питания:

1. Без внесения удобрений (контроль);
2. Расчет на урожайность зелёной массы кукурузы 35,0 т/га.

Расчет норм удобрений на урожайность зеленой массы кукурузы 35,0 т/га по годам исследований проведен с учетом местных коэффициентов выноса и использования NPK из почвы и удобрений.

Фактор В – Микро- и макроудобрения, биопрепараты:

1. Без обработки (контроль);
2. Батр;
3. Батр + Биодукс;
4. Батр + Органит Р;
5. Батр + Органит N;
6. Батр + Органит Р + Биодукс;
7. Батр + ОрганитN + Биодукс;
8. Батр + Органит Р + Органит N;
9. Батр + Органит Р + ОрганитN + Биодукс.

Общая площадь делянки – 84 м² (30×2,8), учетная 70 м² (25×2,8). Размещение вариантов последовательное. Основным методом выполнения поставленных задач, является метод полевого эксперимента. Сравнение всех изучаемых элементов технологии проводилось с контрольными вариантами.

Технология осенней основной обработки почвы – глубокая вспашка агрегатом New Holland-7 с применением плуга ПСКУ-6 на глубину 27 сантиметров. Сеялка кукурузы точечного высева KUHN-6. Норма высева 75 тыс. шт./га. Уборку проводили поделочно в фазе молочно-восковой спелости. Учеты урожая проводились методом уборочных площадок площадью 10 м² в трехкратной повторности с полным разбором структуры урожая. Определялось количество растений, масса початков, масса и влажность зерна.

Норма удобрения на получение 35 т/га зеленой массы кукурузы рассчитана расчетно-балансовым методом с учетом местных коэффициентов выноса и использования элементов питания из почвы и удобрений. Из удобрений использовали аммиачную воду и диаммофоску, которая содержала 10% азота, 26% фосфора и 26% калия. Удобрения вносились следующим образом: аммиачная вода весной, под первую предпосевную культивацию, диаммофоска – непосредственно во время посева.

В опыте использовали следующие стимуляторы роста и макроудобрения:

Батр – комплексное сбалансированное удобрение, сочетающее макро и микроэлементы для питания растений – NPKS+ на основе гуминовых кислот. Содержание действующих веществ, объёмные %: N – 6%, P₂O₅ – 7%, K₂O – 10%, SO₃ – 2,0 %, MgO – 0,18%, Zn – 0,1%, Cu – 0,05%, B – 0,02%, Fe – 0,03%, Mn – 0,05%, Co – 0,01%, Mo – 0,025%. Предотвращает дефицит азота, фосфора и калия. Высокое содержание макроэлементов повышает эффективность от применения микроэлементов. Усиливает сопротивляемость растений к заморозкам, засухам, пестицидным нагрузкам, вредным биологическим объектам. Повышает устойчивость к полеганию. Содержание мезоэлемента Серы (S), способствует усвоению Азота (N). Кобальт в обмене веществ, способствует фиксации атмосферного азота, ускоряет рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных культур. Норма расхода – 2 л/га [6].

Биодукс – комплекс биологически активных полиненасыщенных жирных кислот низшего почвенного гриба *Mortierella alpine*. Механизм действия препарата способен формировать у растения продолжительную и неспецифическую системную устойчивость и активировать ростовые и биологические процессы. На молекулярном уровне широкий спектр биологической активности липидного комплекса объясняется тем, что он активирует не только гены устойчивости и сигнальные

системы защиты, но и гены, осуществляющие контроль за ростовыми факторами, фитогормонами, факторами дифференцировки и развития тканей растений, повышение урожайности, улучшение качества продукции. Норма расхода – 2 мл/ га [7].

Органин N – биологическое удобрение, улучшающее азотное питание растения. В его основе – природный штамм *Azospirillumzear* OPN-14, способный фиксировать атмосферный азот в форму доступную для растений. Норма расхода – 1 л/га [7].

Органин P – представляет собой жидкую культуру жизнеспособных спор штамма фосфат и калий-мобилизующей бактерии *Bacillusmegaterium* OPP31. Безопасный и эффективный мобилизатор питания, улучшающий минеральное питание растений за счет повышения биодоступности фосфора и калия. Стимулирует корнеобразование, рост растений. Норма расхода – 1 л/га [7].

В фазе 2-5 листьев провели листовую подкормку согласно схеме опыта.

Результаты исследований. Для характеристики метеорологических условий в годы проведения опытов использованы данные метеостанции г. Арск Республики Татарстан. Метеорологические условия в годы исследований были различными по температурному режиму и влагообеспеченности, что позволило всесторонне проанализировать действие изучаемых факторов.

В 2022 году сумма эффективных температур за вегетацию составила – 1695°C, ГТК – 1,07, что позволило сформировать высокий урожай фитомассы хорошего качества.

Посев в 2023 году провели в начале первой декады мая. В летние месяцы растения испытывали недостаток влаги, что отрицательно отразилось на урожае. Сумма активных температур за вегетацию составила 1938°C, ГТК – 0,68, В 2024 году в течение вегетации количество выпавших осадков было близко к среднемуголетним значениям. Сумма эффективных температур за период вегетации составила 1894°C, ГТК – 1,15, что позволило получить хорошую урожайность зеленой массы.

Площадь листовой поверхности является одним из важнейших показателей, достаточно полно отражающим условия развития растений. Высокие урожаи можно получать при быстром формировании максимальной площади листьев, сохраняющих высокую активность в течение длительного времени [8].

Полученные результаты исследований позволяют отметить, что нарастание листовой поверхности и максимальный ее размер зависят, главным образом, от уровня минерального питания и складывающихся метеорологических условий. В 2022 году прирост площади листовой поверхности кукурузы наблюдался, начиная с фазы появления 7 листа до фазы выметывания, а к полной спелости она стала незначительно снижаться. В фазу выметывания наибольшая площадь листьев была отмечена на удобренном фоне, в контроле – 41,22 тыс. м²/га, против 27,25 тыс. м²/га на без удобренном фоне, что на 13,97 тыс. м²/га (или 51,3 %) больше. В фазу выметывания максимальная площадь листьев была отмечена на удобренном фоне с применением четырехкомпонентной (Батр + Органин P + Органин N + Биодукс) баковой смеси и составила – 50,02 тыс. м²/га (табл. 1).

Таблица 1

Площадь листьев кукурузы в зависимости от фона питания и схем проведения листовых подкормок, 2022-2024 гг., тыс.м²/га

Фон питания	Варианты	2022 г.			2023 г.			2024 г.		
		7-й лист	выметывание	полная спелость	7-й лист	выметывание	полная спелость	7-й лист	выметывание	полная спелость
Без удобрений (контроль)	1 Контроль	10,41	27,25	23,10	8,87	28,30	18,32	5,98	25,05	13,84
	2 Батр	10,87	28,45	24,86	9,09	35,52	20,50	6,13	26,45	20,89
	3 Батр+Биодукс	11,03	30,57	26,00	9,14	37,59	20,77	6,18	27,37	21,24
	4 Батр+Органин P	10,27	30,72	26,90	9,14	38,51	23,77	6,23	28,00	21,81
	5 Батр+Органин N	11,08	30,63	26,44	9,14	37,96	23,17	6,13	27,41	21,51
	6 Батр+ОрганинP+Биодукс	11,16	32,65	28,56	9,13	38,97	25,37	6,31	29,07	24,50
	7 Батр+ОрганинN+Биодукс	11,17	31,74	27,68	9,19	38,72	24,88	6,83	29,01	24,11
	8 Батр+Органин P+ Органин N	11,49	32,39	27,13	9,19	39,30	24,67	6,84	29,48	24,52
	9 Батр+ОрганинP+ОрганинN+Биодукс	12,62	33,42	29,04	9,21	39,71	26,03	7,56	30,04	25,02
Расчет на 35 т/га зеленой массы	1 Контроль	15,01	41,22	32,21	10,14	41,15	30,71	8,04	41,57	27,24
	2 Батр	15,31	43,90	33,71	10,31	44,21	31,93	8,28	43,28	29,12
	3 Батр+Биодукс	15,93	46,64	35,55	10,36	44,95	34,23	8,35	44,83	30,55
	4 Батр+Органин P	15,99	46,54	35,89	11,91	45,92	34,63	8,46	45,20	30,83
	5 Батр+Органин N	16,04	46,87	35,65	11,87	45,83	34,33	8,44	44,86	30,08
	6 Батр+ОрганинP+Биодукс	17,40	48,35	36,58	11,98	47,39	35,21	8,51	47,84	31,42
	7 Батр+ОрганинN+Биодукс	17,47	48,74	36,64	12,56	47,86	35,77	8,76	46,62	30,97
	8 Батр+Органин P+ Органин N	17,51	49,22	36,35	12,52	48,06	36,18	9,10	47,62	31,98
	9 Батр+ОрганинP+ОрганинN+Биодукс	18,59	50,02	37,49	12,82	48,56	37,02	9,15	48,55	32,73

Данные таблицы 1 показывают, что на вариантах с применением двойных и тройных баковых смесей растения кукурузы имели наибольшую листовую поверхность по сравнению с контролем. Особенно хорошо прослеживается нарастание ассимиляционного аппарата с фазы выметывания. К фазе полной спелости площадь листьев растений кукурузы начинает снижаться. В фазу «выметывание» в условиях вегетации 2023 года наибольшую площадь листьев на фоне естественного

плодородия сформировали растения в варианте Батр + Органит Р + Органит N + Биодукс – 39,71 тыс. м²/га, при 28,3 тыс.м²/га на контроле, что на 11,41 тыс.м²/га (или 40,3 % больше). При обработке посевов кукурузы микроудобрением Батрым, Органит Р и Органит N в разной вариации зафиксировано увеличение площади листьев по сравнению с контролем.

В 2024 г. растения кукурузы сформировали несколько меньшую, чем в предыдущие годы, листовую поверхность. Однако наибольшая площадь листьев была отмечена во всех вариантах опыта на удобренном фоне, рассчитанном на 35 т/га. Наибольшая площадь листьев у растений кукурузы формировалась во всех вариантах опыта вплоть до полной спелости. Максимальная (48,55 тыс.м²/га) площадь листьев отмечалась в фазу выметывания при обработке посевов кукурузы четырехкомпонентной (Батр + Органит Р + Органит N + Биодукс) баковой смесью и при внесении минеральных удобрений на получение урожая зеленой массы 35 т/га. В этот период на удобренном фоне также наблюдаются высокие показатели площади листовой поверхности при обработке посевов кукурузы трёхкомпонентной (Батр + Органит Р + Биодукс) баковой смесью, где она была несколько ниже и составила – 47,84 тыс. м²/га. Далее площадь листьев постепенно снижалась. Так, к моменту полной спелости площадь листьев по всем вариантам находилась в диапазоне 27,24-32,73 тыс.м²/га. При этом, высокие показатели площади листьев (32,73 тыс.м²/га) были у растений кукурузы при обработке посевов препаратами Батр + Органит Р + Органит N + Биодукс на фоне удобрений, рассчитанном на 35 т/га зеленой массы.

Фотосинтез составляет основу первичной биологической продуктивности природных экосистем и определяет формирование урожая в посевах сельскохозяйственных растений. Фотосинтетический потенциал (ФП) – это показатель, суммирующий как значение размера площади листьев, так и продолжительность времени их работы. Это интегральный показатель, характеризующий светопоглощающую способность посевов, величина которого находится в прямой зависимости с накоплением органической массы посевами [9].

В 2022 году суммарный листовой фотосинтетический потенциал за вегетационный период варьировал от 1,752 до 3,449 млн м²/га×дней. (табл. 2).

Таблица 2

Фотосинтетический потенциал посевов кукурузы в зависимости от фона питания и схем проведения листовых подкормок, млн м²/га × дней, 2022-2024 гг.

Фон питания	Варианты	Суммарный ЛФП за вегетацию			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее
Без удобрений (контроль)	1 Контроль	1,752	1,653	1,366	1,590
	2 Батр	1,846	1,967	1,579	1,797
	3 Батр+Биодукс	1,952	2,049	1,621	1,874
	4 Батр+Органит Р	1,961	2,150	1,657	1,923
	5 Батр+Органит N	1,971	2,116	1,627	1,905
	6 Батр+ОрганитР+Биодукс	2,064	2,207	1,759	2,010
	7 Батр+ОрганитN+Биодукс	2,012	2,188	1,761	1,987
	8 Батр+Органит Р+ Органит N	2,060	2,236	1,814	2,037
	9 Батр+ОрганитР+ОрганитN+Биодукс	2,205	2,283	1,865	2,118
Расчет на 35 т/га зеленой массы	1 Контроль	2,659	2,493	2,373	2,508
	2 Батр	2,831	2,676	2,522	2,676
	3 Батр+Биодукс	2,992	2,799	2,658	2,816
	4 Батр+Органит Р	2,998	2,886	2,682	2,855
	5 Батр+Органит N	3,006	2,874	2,650	2,844
	6 Батр+ОрганитР+Биодукс	3,192	2,987	2,826	3,002
	7 Батр+ОрганитN+Биодукс	3,262	3,124	2,852	3,079
	8 Батр+Органит Р+ Органит N	3,318	3,171	2,955	3,148
	9 Батр+ОрганитР+ОрганитN+Биодукс	3,449	3,306	3,093	3,283

Следует отметить, что наибольший прирост ЛФП отмечен при внесении удобрений из расчета на 35,0 т/га зеленой массы. За счет регуляторов роста и микроудобрений прирост ФП достигал 29,7%. Лучшие результаты получены в вариантах при листовой подкормке посевов четырёхкомпонентной (Батр + Органит Р + Органит N + Биодукс) баковой смесью, где получена прибавка ФП на неудобренном фоне по сравнению с расчетным фоном минеральных удобрений 2,205 и 3,449 млн м²/га×дней, или 25,9 % и 29,8 %. На других вариантах положительный эффект от применения микроудобрений стимуляторов роста несколько нивелировался по сравнению с девятым вариантом.

В 2023 году суммарная величина фотосинтетического потенциала составляла 1,653-3,093 млн м²/га×дней. При этом под влиянием удобрений, рассчитанных на урожайность 35,0 т/га зеленой массы она возрастала на 44,8%-50,8%, а от использования микроудобрений и регуляторов роста – на 32,6-38,1 %.

Следует отметить, что наибольшее положительное влияние на формирование фотосинтетического потенциала на всех фонах оказала обработка посевов четырёхкомпонентной (Батр + Органит Р + Органит N + Биодукс) баковой смесью, что на 32,6% больше по сравнению с контролем. Аналогичная закономерность сохранилась и в 2024 году.

В среднем за три года исследований (рис. 1) под влиянием минеральных удобрений в 9 варианте Л ФП достигал 3,283 млн м²/га×дней.

Комплексная обработка регуляторами роста и микроудобрениями способствовала увеличению ФП на 0,528 и 0,775 млн м²/га×дней или на 33,1 % и 30,9% по сравнению с контролем. Максимальный ЛФП получен от применения четырёхкомпонентной (Батр + Органит Р + Органит N + Биодукс) баковой смеси.

Таким образом, посевы кукурузы формируют высокий уровень фотосинтетического потенциала только при внесении расчетных норм минеральных удобрений и правильном выборе схем листовых подкормок, что подтверждают и результаты наших трехлетних исследований. При обработке посевов четырёхкомпонентной (Батр + Органит Р + Органит N + Биодукс) смесью на удобренном фоне фотосинтетический потенциал за вегетационный период составил 2,118 млн м²/га×дней, на удобренном – 3,283 млн м²/га×дней.

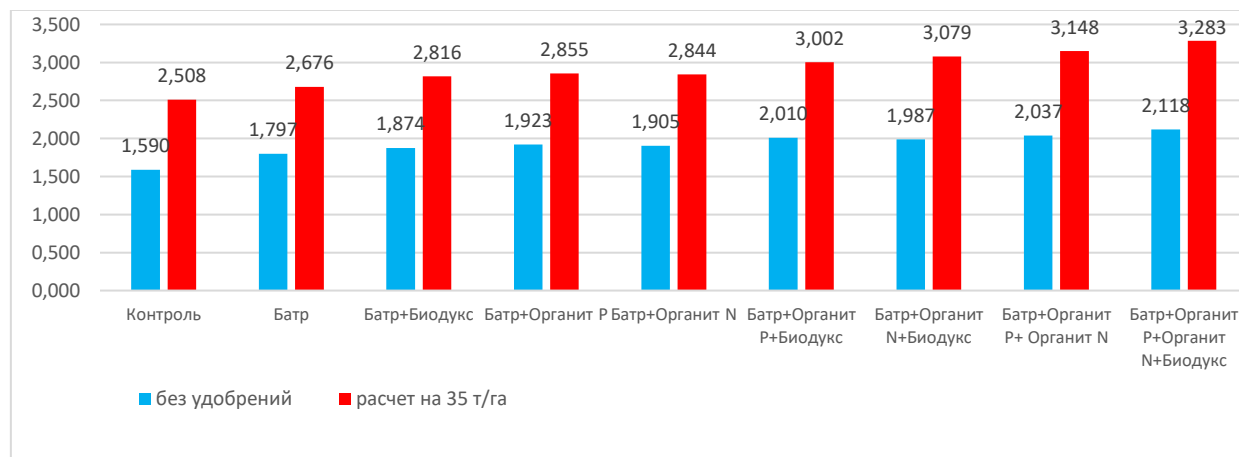


Рис. 1. Суммарный листовой фотосинтетический потенциал, млн м²/га × дней, 2022-2024 гг.,

Результаты исследований свидетельствуют, что в условиях умеренного лета 2022 года при внесении минеральных удобрений на 35 т/га, средняя по фону урожайность составила 39,3 т/га, что превышает неудобренный фон на 7,9 т/га или на 12,5% (табл. 3).

Таблица 3

Влияние фона питания, микроудобрений и стимулятора роста на урожайность зеленой массы кукурузы, т/га, 2022-2024 гг.

Фон питания	Варианты	Урожайность, т/га			
		2022 г.	2023 г.	2024 г.	в среднем за 3 года
Без удобрений (контроль)	1 Контроль	27,3	26,1	22,3	25,2
	2 Батр	29,0	27,3	25,4	27,3
	3 Батр+Биодукс	31,3	28,7	24,0	28,0
	4 Батр+Органит Р	31,6	29,4	24,7	28,6
	5 Батр+Органит N	31,3	29,5	24,3	28,4
	6 Батр+ОрганитР+Биодукс	33,0	30,3	26,8	30,0
	7 Батр+ОрганитN+Биодукс	32,0	30,0	26,1	29,3
	8 Батр+Органит Р+ Органит N	33,2	30,5	26,8	30,2
	9 Батр+ОрганитР+ОрганитN+Биодукс	34,0	31,0	27,5	30,8
Расчет на 35 т/га зеленой массы	1 Контроль	34,9	32,4	29,1	32,1
	2 Батр	36,6	34,2	31,6	34,1
	3 Батр+Биодукс	37,7	36,8	32,5	35,7
	4 Батр+Органит Р	39,7	37,4	33,1	36,7
	5 Батр+Органит N	39,0	37,1	32,9	36,3
	6 Батр+ОрганитР+Биодукс	40,9	38,3	33,8	37,7
	7 Батр+ОрганитN+Биодукс	40,6	37,5	33,4	37,2
	8 Батр+Органит Р+ Органит N	41,3	37,8	34,1	37,7
	9 Батр+ОрганитР+ОрганитN+Биодукс	42,9	39,2	34,6	38,9

НСР₀₅ фактор А (фон питания) 1,134 1,752 0,980
 Фактор В (варианты) 0,596 1,325 0,869
 АВ 1,354 1,566 1,105

В сложившихся погодных условиях 2022 года более эффективной была обработка посевов кукурузы четырёхкомпонентной баковой смесью, в состав которой входит Батр+ОрганитР+ОрганитN+Биодукс, обеспечившая прирост фитомассы 8,0 т/га или 22,9 % к контролю. Немного уступает им по эффективности трёхкомпонентная (Батр+ОрганитР+Органит N) баковая смесь, обеспечившая прибавку урожая зеленой массы кукурузы 18,3%.

В условиях недостатка влаги в период активного роста кукурузы в 2023 году урожайность на аналогичных вариантах была ниже, чем в предыдущем 2022 году на 3,7 т/га и 3,5 т/га на удобренном фоне и на 3,0 и 2,7 т/га на фоне без удобрений. Аналогичная закономерность сохранилась и в 2024 году.

Обработка посевов кукурузы многокомпонентными баковыми смесями наиболее эффективной была на удобренном фоне, хотя по вариантам есть различия. Во все годы исследований преимущество было за четырех компонентной (Батр+Органит Р+Органит N+Биодукс) баковой смесью.

В среднем за три года исследований на фоне, рассчитанном на 35,0 т /га зеленой массы наибольшая (38,9 т/га) урожайность кукурузы получена в 9 варианте, прибавка к контролю составила 6,8 т/га или 21,2 %. Несколько ниже (37,7 т/га) получена урожайность в варианте Батр+Органит Р+Органит N. Самая низкая (25,2 т/га) урожайность получена на контроле на неудобренном фоне.

Заключение. Чем выше площадь листовой поверхности и листовой фотосинтетический потенциал, тем выше урожайность. Наибольшую урожайность зеленой массы, как на естественном фоне питания, так и на расчетном на 35 т/га сформировали посевы кукурузы при использовании для листовой подкормки четырёхкомпонентную баковую смесь Батр (2 л/га) + Органит Р (1 л/га) + Органит N (1 л/га) + Биодукс (2мл/га) в фазу 2-5, прибавка составила 5,6 т/га или 22,2% и 6,8 т/га или 21,2 % соответственно.

Список источников

1. Евдакова М. В., Резвякова С. В. Фотосинтетический потенциал гибридов кукурузы на зерно раннеспелой группы в условиях ЦЧР // Биология в сельском хозяйстве. 2024. № 4 (45). С. 40-43. EDN: IXGDPL
2. Анохина Е. К. Продуктивность кукурузы в зависимости от приемов выращивания в условиях Лесостепи Среднего Поволжья: дис. канд. с.-х. наук. Кинель. 2018. 177 с.
3. Паников В. Д., Минеев В. Г. Почва, климат, удобрение и урожай. М.: Агропромиздат, 2017. 511 с.
4. Волков А. И., Прохорова Л. Н., Кириллов Н. А. Способ повышения урожайности, питательной и энергетической ценности зерна кукурузы // Кормопроизводство. 2023. № 7. С. 16-17.
5. Никитиш В. И., Личко В. И. Минеральное питание кукурузы при взаимодействии азотного и фосфорного удобрений // Агрохимия. 2021. № 11. С. 9-15.
6. Batr «MAX» [сайт]. URL: <https://dol-agro.ru/batr-max>
7. Bionovatic [сайт]. URL: <https://bionovatic.ru/about>
8. Семина С. А., Иняхин А. Г. Влияние условий выращивания на продуктивность фотосинтеза и урожайность кукурузы // Нива Поволжья. 2013. № 1. С. 35-39. EDN: QYOMWB
9. Дроздова В. В. Влияние норм и сочетаний минеральных удобрений на урожайность кукурузы и агрохимические показатели плодородия чернозема, выщелоченного западного Предкавказья // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 121. С. 132-148. DOI: 10.21515/1990-4665-121-107 EDN: WWSLLF
10. Васин В. Г., Трифонов Д. И., Саниев Р. Н. Показатели фотосинтетической деятельности растений в посевах кукурузы при выращивании на планируемую урожайность лактации // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. №2. С. 3-10. DOI: 10.55471/19973225_2022_7_2_3 EDN: JRHYUM

References

1. Evdakova, M. V. & Rezvyakova, S. V. (2024). Photosynthetic potential of early-maturing grain corn hybrids under the conditions of the Central Black Earth Region. *Biology in Agriculture*. 4 (45). 40-43. (In Russian). EDN: IXGDPL
2. Anokhina, E. K. (2018). Corn productivity depending on cultivation methods in the conditions of the Forest-Steppe of the Middle Volga region: Diss. Cand. Sci. (Agricultural Sciences). Kinel. (In Russian).
3. Pannikov, V. D. & Mineev V. G. (2017). Soil, climate, fertilizer and yield. *Moscow: Agropromizdat*. (In Russian).
4. Volkov, A. I., Prokhorova, L. N. & Kirillov, N. A. (2023). A method for increasing the yield, nutritional and energy value of corn grain. *Forage production*. 7. 16-17. (In Russian).
5. Nikitishen, V. I. & Lichko, V. I. (2021). Mineral nutrition of corn during the interaction of nitrogen and phosphorus fertilizers. *Agrochemistry*. 11. 9-15 (In Russian).
6. Batr «MAX» Retrieved from file: <https://dol-agro.ru/batr-max>
7. Bionovatic Retrieved from file: <https://bionovatic.ru/about>
8. Semina, S. A., & Inyakhin, A. G. (2013). Influence of growing conditions on the productivity of photosynthesis and the yield of corn. *Niva Povolzhya*. (1 (26)). 35-39. (In Russian). EDN: QYOMWB
9. Drozdova, V. V. (2016). Effect of rates and combinations of mineral fertilizers on corn yield and agrochemical fertility indicators of leached chernozem in the western Ciscaucasia. *Polythematic online electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 121. 132-148. (In Russian). DOI: 10.21515/1990-4665-121-107 EDN: WWSLLF
10. Vasin, V. G., Trifonov, D. I. & Saniev, R. N. (2022). Indicators of photosynthetic activity of plants in corn crops when growing for the planned lactation yield. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 2. 3-10. (In Russian). DOI: 10.55471/19973225_2022_7_2_3 EDN: JRHYUM

Информация об авторах:

В. Н. Фомин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
И. Р. Гайнутдинов – аспирант.

Information about the authors:

V. N. Fomin – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
I. R. Gainutdinov – graduate student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 5.06.2025; одобрена после рецензирования 24.06.2025; принята к публикации 15.10.2025.
The article was submitted 5.06.2025; approved after reviewing 24.06.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 633.16 : 631.51/43

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-47-52

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЕЁ ФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, УРОЖАЙНОСТЬ И БЕЛКОВОСТЬ ЗЕРНА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯНаталья Павловна Бакаева¹, Ольга Леонидовна Салтыкова²✉^{1,2} Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия¹ bakaevanp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4784-2072>² saltykova_o_l@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9654-5950>

Резюме. Исследования по влиянию способов основной обработки почвы на её показатели плотности, влажности, урожайности и белковости зерна ярового ячменя сорта Беркут зернофуражной направленности проводились в 2020-2022 гг. Плотность почвы в пахотном слое чернозема типичного на варианте без осенней механической обработки почвы не изменялась и находилась в пределах 1,22-1,23 г/см³ как перед посевом, так и перед уборкой. При этом плотность на всех вариантах опыта была оптимальной для возделываемой культуры (1,0-1,2 г/см³). В слоях почвы 0-30 и 0-50 см влажность почвы весной в период посева ярового ячменя была несколько выше на 0,4-0,5% на варианте без осенней механической обработки почвы, по сравнению с мелкой и глубокой обработками. Влажность почвы в метровом слое была одинаковой (26,6%) на всех вариантах основной её обработки, и значительно снижалась к уборке. Наибольшие значения нитратного азота в 0-30 см слое почвы были при вспашке и рыхлении, что на 0,76 и 0,90 мг/кг выше значений без осенней обработки почвы. Урожайность зерна в среднем составила – 2,17-2,36 т/га, а соломы – 2,97-3,16 т/га. Наибольшая их урожайность была получена при вспашке, что на 4,1 и 6,0% выше по сравнению с рыхлением почвы и вариантом без осенней обработки почвы. Содержание азота в зерне при вспашке и рыхлении почвы было также наибольшим – 2,21 и 2,19%. При этом содержание белка составляло на уровне 12,6 и 12,2%, соответственно. Наибольшие выносы азота с урожаем (58,49 кг/га) и азота с белком (31,24 кг/га) отмечались при вспашке. Корреляционный анализ показал тесную взаимосвязь между урожайностью зерна и выносом азота с зерном ($r = 0,96$), урожайностью соломы и выносом азота с соломой ($r = 0,94$), содержанием белка в зерне и выносом азота с белком зерна ($r = 0,99$). Все выявленные зависимости характеризуются как сильные и прямые.

Ключевые слова: яровой ячмень, способы основной обработки почвы, плотность, влажность, урожайность, азот, белок, вынос азота

Для цитирования: Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л. Влияние способов основной обработки почвы на её физические показатели, урожайность и белковость зерна ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 47-52. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-47-52

Original article

INFLUENCE OF SOIL TREATMENT METHODS ON ITS PHYSICAL PARAMETERS, YIELD, AND PROTEIN CONTENT OF SPRING BARLEY GRAIN IN THE MIDDLE VOLGA REGIONNatalia P. Bakaeva¹, Olga L. Saltykova²✉^{1,2} Samara State Agricultural University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia¹ bakaevanp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4784-2072>² saltykova_o_l@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9654-5950>

Abstract. The researches on the effect of the methods of basic soil tillage on its density, moisture content, yield, and protein content of spring barley grain of the Berkut variety, which is intended for grain and fodder production, were conducted in 2020-2022. The density of the soil in the arable layer of the typical chernozem did not change in the variant without autumn mechanical tillage and was within 1.22-1.23 g/cm³ both before sowing and before harvesting. At the same time, the density in all variants of the experiment was optimal for the cultivated crop (1.0-1.2 g/cm³). In the 0-30 and 0-50 cm soil layers, the soil moisture was slightly higher by 0.4-0.5% in the spring, during the sowing of spring barley, in the variant without autumn mechanical tillage, compared to the shallow and deep tillage. The soil moisture in the 1-meter layer was the same (26.6%) in all variants of the main tillage, and decreased significantly by the time of harvest. The highest values of nitrate nitrogen in the 0-30 cm soil layer were observed during ploughing and loosening, which were 0.76 and 0.90 mg/kg higher than the values without autumn tillage. The average grain yield was 2.17-2.36 t/ha, and the average straw yield was 2.97-3.16 t/ha. The highest yields were obtained with ploughing, which was 4.1% and 6.0% higher than with loosening the soil and the option without autumn tillage. The nitrogen content in the grain was also the highest with ploughing and loosening the soil, at 2.21% and 2.19%, respectively. The protein content was 12.6% and 12.2%, respectively. The highest nitrogen losses with the crop (58.49 kg/ha) and nitrogen with protein (31.24 kg/ha) were noted during plowing. The correlation analysis showed a close relationship between grain yield and nitrogen loss with grain ($r = 0.96$), straw yield and nitrogen loss with straw ($r = 0.94$), grain protein content and nitrogen loss with grain protein ($r = 0.99$). All identified dependencies are characterized as strong and direct.

Keywords: spring barley, methods of basic soil cultivation, density, moisture content, yield, nitrogen, protein, nitrogen removal

For citation: Bakaeva, N. P. & Saltykova, O. L. (2025). Influence of soil treatment methods on its physical parameters, yield, and protein content of spring barley grain in the Middle Volga Region. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 47-52. (In Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-47-52

Яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) занимает второе место в России по объему производства среди зерновых культур после пшеницы и является важной зернофуражной культурой. Зерно ярового ячменя – ценный и питательный корм для скота, содержащий в своем составе: 10,5% протеина, 2,3% жира, 5,5% клетчатки, 65,7% безазотистых экстрактивных веществ,

3% золы, 0,11% кальция и 0,34% фосфора. В одном килограмме ячменя содержится 1,2 кормовые единицы. Ячменная солома, предварительно запаренная, обладает питательными ценностями и используется в качестве корма для животных [1, 2, 3].

Ячмень культивируется практически во всем мире. Наиболее крупные площади под посевы можно встретить в США, Канаде, странах Западной Европы и в регионах Малой Азии. В пределах России ячмень выращивают практически повсеместно в регионах, специализирующихся на производстве зерна. Ключевыми областями являются ЦЧР, Северный Кавказ, Поволжье, Урал и Нечерноземная зона [4, 5, 6].

Среди ранних яровых культур, яровой ячмень демонстрирует самые стабильные и высокие показатели урожайности, характеризуется ранним сроком созревания и высокой пластичностью, отличается ускоренным усвоением питательных элементов из почвы, что подчеркивает важность обеспечения ячменя благоприятными условиями питания на ранних этапах роста. С агротехнической точки зрения ячмень не предъявляет высоких требований к предшественникам [7, 8].

На урожайность и белковость зерна ярового ячменя влияют сортовые особенности, почвенно-климатические условия и элементы агротехнологий. Важно выбрать оптимальный способ обработки почвы, учитывающий почвенно-климатические особенности региона, с целью поддержания плодородия, повышения урожайности и качества зерна, а также снижения затрат [9, 10].

Цель исследований: повышение урожайности и белковости зерна ярового ячменя зернофуражной направленности в зависимости от различных способов основной обработки почвы в условиях Среднего Поволжья.

Задачи исследований: определение физических показателей (влажности и плотности) почвы, содержания нитратного азота в почве, азота и белка в зерне и соломе, урожайности зерна и соломы, выноса азота урожаем и белком урожая ярового ячменя.

Материал и методы исследований. Исследования проводились в 2020-2022 гг. на опытном поле Самарского государственного аграрного университета и научно-исследовательской лаборатории «Агроэкология» расположенном в Центральной зоне Самарской области. Объектом исследований являлся сорт ярового ячменя Беркут возделываемый в пятипольном зернопаровом севообороте по предшественнику – яровая мягкая пшеница. Почва опытного поля – чернозем типичный среднесуглинистый с содержанием органического вещества (гумуса) – 5,3 %; pH сол. – 6,9; в слое почвы 0-30 см легкогидролизуемого азота – 80-120, подвижного фосфора и калия – 135-145 и 150-195 мг/кг, соответственно. Посев проводился в первой декаде мая с нормой высева – 4,5 млн. всхожих семян на 1 га.

Яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сорта Беркут является сортом зернофуражного направления использования. Сорт включен в Госреестр по Средневолжскому (7) региону и рекомендован для возделывания в Центральной и Южной зонах Самарской области. По группе спелости сорт является среднеспелым, с вегетационным периодом 72-84 дня, со средней урожайностью в регионе 27,7 ц/га, содержанием белка 10,9-12,7 %, массой 1000 семян 42-49 г, засухоустойчивостью на уровне или несколько выше стандарта.

Изучали следующие варианты способов основной обработки почвы: 1) глубокая – вспашка на 20-22 см; 2) мелкая – рыхление на 10-12 см; 3) без осенней механической обработки (после уборки предшественников применялся гербицид сплошного действия «Торнадо» в дозе 3 л/га), весной осуществлялся прямой посев культуры.

Площадь делянок – 750 м². Повторность опытов – трехкратная.

Погодные условия в годы проведения исследований представлены по данным метеорологической станции «Усть-Кинельская». В 2020-2021 гг. сумма активных температур и количество выпавших осадков в период активной вегетации ярового ячменя были на уровне 2932 °С и 146 мм при ГТК=0,5 характеризующим условия как засушливые. В 2022 г. температурный режим в летние месяцы был на уровне многолетней нормы с превышением количества осадков в июне на 14,9 мм, в июле – 12,1 мм при норме – 47 мм при ГТК=0,88 характеризующим условия как засушливые.

Таким образом, сложившиеся погодные условия в годы проведения исследований не совсем были благоприятными, так как не в полной мере соответствовали нормальному росту и развитию яровых зерновых культур.

Почвенные образцы отбирались в основные фазы роста и развития ярового ячменя – кущение, выход в трубку и колошение при их наступлении не менее чем у 75% растений и в фазу созревания зерна (его налив). Содержание нитратного азота в почве определялось дисульфифеноловым методом (Плешков Б. П. 1985). Содержание белка определяли по методике Осборна в модификации Х. Н. Починка (1976). Количественное содержание белка определялось колориметрическим методом по биуретовому методу с использованием реактива Бенедикта [11].

Учет урожая проводили путем сплошной уборки комбайном «TERRION» учетной площади делянок в фазу полной спелости зерна. Полученный урожай пересчитывали на 100% чистоту и 14% влажность.

Определение количества питательных веществ, выносимых из почвы рассчитывали по формуле: $B = U \times C$, где B – это объем питательного вещества, изъятый из почвы урожаем (в килограммах на гектар); U – масса абсолютно сухого вещества собранного урожая (в центнерах на гектар); C – процентное содержание питательного элемента в абсолютно сухом веществе урожая [12].

Статистическую обработку данных проводили с вычислением средней величины, коэффициента вариации по методике Г. Н. Зайцева (1973), наименьшей существенной разницы (НСР) и коэффициентов корреляции по Б. А. Доспехову (1985) с использованием программных пакет Excel 2013 и Statistica 6.1 [12].

Результаты исследований. Главным показателем физического состояния почвы является плотность её сложения, которая выражается через объемную массу. В таблице 1 представлены результаты исследований плотности почвы под посевами ярового ячменя в зависимости от способов основной её обработки.

Исследованиями многих ученых установлено, что наибольшей продуктивности сельскохозяйственные культуры достигают при оптимальной плотности сложения пахотного слоя почвы, которая для чернозема обыкновенного находится в пределах для яровых колосовых (яровая пшеница, ячмень) – 1,0-1,2 г/см³ [13].

Результаты исследований показали, что плотность сложения почвы под посевами ярового ячменя не была постоянной и изменялась в течение вегетации культуры. Наименьшая ее величина наблюдалась после проведения обработки почвы и составляла в период посева ярового ячменя 1,06-1,22 г/см³, а затем под влиянием силы тяжести, выпадающих осадков и других факторов почва самоуплотнялась до равновесной величины и к периоду уборки составляла 1,22-1,23 г/см³. На варианте без осенней механической обработки почвы плотность пахотного слоя почвы не изменялась и находилась в пределах 1,22-1,23 г/см³ как перед посевом, так и перед уборкой. При этом плотность пахотного слоя почвы на всех вариантах опыта была оптимальной для ярового ячменя.

Таким образом, полученные оптимальные показатели плотности почвы под посевами ярового ячменя по всем вариантам основной обработки почвы благоприятствовали её водному, воздушному и тепловому режимам, и интенсивности протекания физико-химических и микробиологических процессов, что сказывалось на мобилизации питательных веществ, их доступности и использовании растениями.

Таблица 1

Плотность сложения почвы (г/см³) под посевами ярового ячменя
в зависимости от способов основной её обработки, в среднем за годы исследований

Глубина слоя, см	Вспашка на 20-22 см	Рыхление на 10-12 см	Без осенней механической обработки	Вспашка на 20-22 см	Рыхление на 10-12 см	Без осенней механической обработки
	В период посева			Перед уборкой		
0-10	0,95	0,91	1,07	1,07	1,08	1,10
10-20	0,97	1,24	1,28	1,28	1,30	1,29
20-30	1,24	1,25	1,31	1,31	1,32	1,30
0-30	1,06	1,13	1,22	1,22	1,23	1,23

Для получения высокой урожайности ярового ячменя важно создавать условия максимального накопления, сбережения и продуктивного использования почвенной влаги (табл. 2).

В слоях почвы 0-30 и 0-50 см влажность почвы весной в период посева ярового ячменя была несколько выше на 0,4-0,5% на варианте без осенней механической обработки почвы, по сравнению с мелкой и глубокой обработками, что объясняется меньшим испарением влаги с поверхностного слоя почвы и удержанием ее в нижних слоях почвы за счет мульчирующего слоя из растительных остатков в виде стерни и измельченной соломы предыдущей культуры.

В метровом слое почвы влажность в период посева была практически одинаковой (26,6%) на всех вариантах основной её обработки, что указывало на отсутствие заметных различий по этому показателю.

Таблица 2

Влажность почвы (%) под посевами ярового ячменя
в зависимости от способов основной её обработки, в среднем за годы исследований

Глубина слоя, см	Вспашка на 20-22 см	Рыхление на 10-12 см	Без осенней механической обработки	Вспашка на 20-22 см	Рыхление на 10-12 см	Без осенней механической обработки
	В период посева			Перед уборкой		
0-30	26,7	26,8	27,2	15,8	16,0	16,1
0-50	26,9	26,9	27,3	16,3	16,2	16,1
50-100	26,3	26,3	26,1	16,5	16,1	16,4
0-100	26,6	26,6	26,3	16,4	16,2	16,3

К уборке ячменя влажность в метровом слое почвы значительно снизилась по сравнению весенними показателями и практически не различалась по вариантам опыта.

Таким образом, в переходной зоне различные способы и глубины основной обработки почвы под культурой яровой ячмень были равнозначны по влиянию на влажность метрового слоя почвы, что в свою очередь улучшало влагообеспеченность растений благодаря повышенной фильтрации, мощности корнеобитаемого слоя и способствовало уменьшению потерь воды на испарение.

Определение нитратного азота в пахотном слое почвы в зависимости от способов основной её обработки почвы проводилось в различные фазы развития растений ярового ячменя (табл. 3).

Таблица 3

Содержание нитратного азота (мг/кг) в слое почвы 0-30 см под растениями ярового ячменя
в зависимости от способов основной обработки почвы, в среднем за годы исследований

Способы обработки почвы	Фазы развития растений				
	Начало вегетации	Кущение	Выход в трубку	Налив зерна	Полная спелость
Вспашка на 20-22 см	13,24	12,63	11,68	13,54	13,06
Рыхление на 10-12 см	13,38	12,98	12,43	13,05	13,14
Без осенней механической обработки	12,48	11,86	10,81	13,10	12,60

Примечание. Дисперсионный анализ полученных в опыте данных по отдельным годам с расчетами НСР₀₅ подтвердил достоверность результатов опыта.

Содержание нитратного азота в почве в начале вегетации ярового ячменя изменялось по вариантам опыта от 12,48 до 13,38 мг/кг. Наибольшее значение нитратного азота отмечалось при вспашке и рыхлении, что на 0,76 и 0,90 мг/кг выше без осенней механической обработки почвы, что связано с тем, что посев в мульчирующий слой несколько замедлял процесс разложения органических остатков и выделения азота.

Наблюдая за динамикой содержания нитратного азота в почве по фазам развития ярового ячменя установлено, что не зависимо от способов основной обработки почвы данный показатель снижался от периода кущения к фазе полной спелости. После окончания вегетации растений почва при вспашке и рыхлении имела содержание нитратного азота несколько больше чем на варианте без осенней механической обработки.

В таблице 4 представлена урожайность зерна и соломы ярового ячменя, содержание азота и белка в зерне и соломе в зависимости от способов основной обработки почвы.

Таблица 4

Урожайность (т/га) зерна и соломы, содержание азота (%) в зерне и соломе, содержание белка (%) в зерне в зависимости от способов основной обработки почвы, в среднем за годы исследований

Способы обработки почвы	Урожайность зерна		Азот в зерне		Белок в зерне		Урожайность соломы		Азот в соломе	
	т/га	V, %	%	V, %	%	V, %	т/га	V, %	%	V, %
Вспашка на 20-22 см	2,36	19,9	2,20	11,8	12,6	24,6	3,16	18,4	0,56	23,6
Рыхление на 10-12 см	2,23	18,8	2,15	10,3	12,2	23,2	3,03	19,5	0,50	23,2
Без осенней механической обработки	2,17	17,8	2,08	11,4	11,7	20,9	2,97	18,0	0,51	24,7
НСР ₀₅	0,12	—	0,09	—	—	—	0,10	—	0,05	—

Урожайность зерна и соломы ярового ячменя зависела от агротехнических показателей. В среднем за годы исследований урожайность зерна по вариантам опыта составляла 2,17-2,36 т/га, а соломы 2,97-3,16 т/га. Наибольшая урожайность как зерна, так и соломы была получена при вспашке, что на 4,1 и 6,0% выше по сравнению с рыхлением почвы и вариантом без осенней механической обработки почвы.

Исследуя содержание азота в зерне ярового ячменя при полной его спелости, следует отметить, что при вспашке и рыхлении почвы данный показатель был наибольшим – 2,21 и 2,19%, что на 0,16% выше по сравнению с вариантом без осенней обработки почвы. В соломе ярового ячменя азота накапливалось меньше и было в 4,0 раза ниже по сравнению с азотом зерна. При этом значения были сравнимы и по всем вариантам опыта данный показатель варьировал в пределах 0,50-0,56%.

Накопление белка в зерне изменялось по вариантам опыта в пределах 11,7-12,6%. Наибольшее его содержание отмечалось по вспашке – 12,6%, несколько ниже при рыхлении почвы – 12,2%, что было на 0,9 и 0,5% выше белковости зерна полученной на варианте без осенней обработки почвы.

Исходя из урожайности зерна и соломы, химического состава основной и побочной продукции, рассчитаны выносы азота с урожаем, соломой и зерном ярового ячменя в зависимости от способов основной обработки почвы и представлены в таблице 5.

Таблица 5

Вынос азота (кг/га) с урожаем, соломой и зерном ярового ячменя в зависимости от способов основной обработки почвы, в среднем за годы исследований

Способы обработки почвы	Вынос азота с урожаем, кг/га	Вынос азота соломой, кг/га	Вынос азота зерном, кг/га
Вспашка на 20-22 см	58,49	13,64	44,85
Рыхление на 10-12 см	53,51	11,51	42,00
Без осенней механической обработки	49,67	11,42	38,25

Наибольший вынос азота с урожаем отмечался при вспашке – 58,49 кг/га, что на 4,98 и 8,82 кг/га выше чем при рыхлении почвы и без осенней её обработки, соответственно. При этом вынос азота соломой при вспашке превышал показатели по сравнению с другими вариантами опыта на 2,13 и 2,22 кг/га, соответственно.

Наибольший вынос азота зерном – 44,85 кг/га отмечался также на варианте с применением вспашки, и был выше на 6,4 и 14,0% по сравнению с вариантами рыхлением и без осенней обработки почвы, соответственно.

После оценки таких параметров, как вынос азота урожаем, соломой и зерном, необходимо было изучить такие показатели как вынос азота с белком урожая, соломы и зерна (табл. 6).

Таблица 6

Вынос азота (кг/га) с белком урожая, зерна и соломы ярового ячменя в зависимости от способов основной обработки почвы, в среднем за годы исследований

Способы обработки почвы	Вынос азота с белком урожая, кг/га	Вынос азота с белком соломы, кг/га	Вынос азота с белком зерна, кг/га
Вспашка на 20-22 см	31,24	7,28	23,96
Рыхление на 10-12 см	29,27	6,30	22,97
Без осенней механической обработки	25,42	5,84	19,58

Вынос азота с белком урожая был наибольшим по вспашке – 31,24 кг/га, что на 1,97 и 5,82 кг/га выше чем при рыхлении почвы и без осенней её обработки, соответственно. При этом вынос азота с белком соломы по вспашке составил – 7,28 кг/га и был выше по сравнению с другими вариантами на 0,98 и 1,44 кг/га, соответственно. Вынос азота с белком зерна по вариантам опыта был на уровне 20-24 кг/га. Наибольший вынос отмечался по вспашке – 23,96 кг/га, несколько ниже при рыхлении – 22,97 кг/га и наименьший при варианте без осенней механической обработки почвы – 19,58 кг/га.

Для оценки взаимосвязи между изучаемыми параметрами были рассчитаны коэффициенты корреляции, определена степень зависимости и построены уравнения регрессии (рис. 1-3).

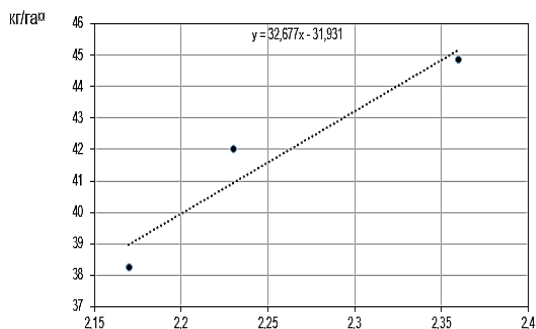


Рис. 1. Уравнение регрессии по признаку: урожайность зерна (т/га) – вынос азота с зерном (кг/га)

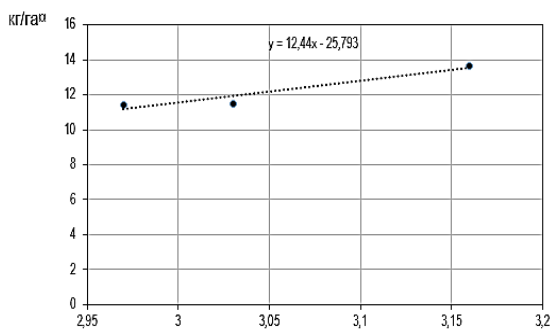


Рис. 2. Уравнение регрессии по признаку: урожайность соломы (т/га) – вынос азота с соломой (кг/га)

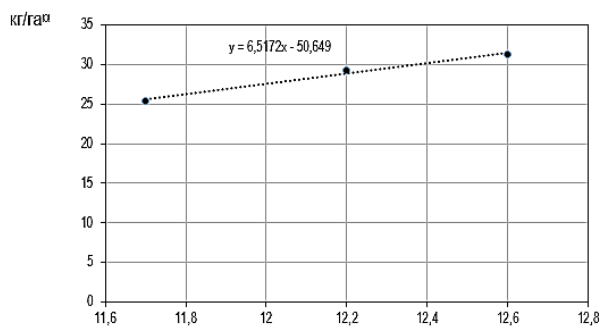


Рис. 3. Уравнение регрессии по признаку: содержание белка в зерне (%) – вынос азота с белком урожая (кг/га)

Анализ взаимосвязи между урожайностью зерна ярового ячменя и выносом азота зерном выявило линейную зависимость, что соответствует сильной положительной корреляции между этими показателями ($r = 0,96$). Прямая положительная связь отмечена также между урожайностью соломы и выносом азота соломой ($r = 0,96$). Корреляционный анализ между процентным содержанием белка в зерне и выносом азота белком зерна составил $r = 0,99$ – сильная и прямая степень зависимости.

Заключение. Результаты исследований, полученные в среднем за три года (2020-2022 гг.) позволяют сделать следующие выводы:

1) оптимальная плотность сложения пахотного слоя почвы под посевами культуры для чернозема обыкновенного находилась в пределах – 1,0-1,2 г/см³ при глубокой и мелкой обработках почвы. На варианте без осенней механической обработки почвы плотность пахотного слоя почвы не изменялась и находилась в пределах 1,22-1,23 г/см³ как перед посевом, так и перед уборкой;

2) в слоях почвы 0-30 и 0-50 см влажность почвы весной в период посева ярового ячменя была несколько выше на 0,4-0,5% на варианте без осенней механической обработки почвы, по сравнению с мелкой и глубокой обработками. Влажность почвы в метровом слое почвы перед посевом ячменя была на уровне 26,6% на всех вариантах основной её обработки, и к уборке культуры влажность значительно снижалась;

3) наибольшие значения нитратного азота отмечались при вспашке и рыхлении, что на 0,76 и 0,90 мг/кг выше значений без осенней механической обработки почвы. После окончания вегетации растений почва при вспашке и рыхлении, имела остаток азота несколько выше чем без осенней механической обработки;

4) наибольшая урожайность ярового ячменя была получена при вспашке, что на 4,1 и 6,0% выше по сравнению с рыхлением почвы и вариантом без осенней обработки почвы. Содержание азота в зерне при вспашке и рыхлении почвы было наибольшим – 2,21 и 2,19%. При этом содержание белка было на уровне 12,6 и 12,2%, соответственно;

5) наибольшие выносы азота с урожаем (58,49 кг/га) и азота с белком (31,24 кг/га) отмечались при вспашке. Корреляционный анализ показал тесную взаимосвязь между урожайностью зерна и выносом азота с зерном ($r = 0,96$), урожайностью соломы и выносом азота с соломой ($r = 0,94$), содержанием белка в зерне и выносом азота с белком зерна ($r = 0,99$). Все выявленные зависимости характеризуются как сильные и прямые.

Список источников

- Кукушкина Л. Н. Вуколов В. В. Оценка исходного материала на крупность, скороспелость и продуктивность для создания сортов ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21, № 6. С. 29-37. EDN: [SXLLUA](#)
- Koshelyaev V. V., Koshelyaeva I. P., Volodkin A. A. Disease Development And Yield Of Barley On Different Levels Of Mineral Nutrition // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. № 6 (9). P. 819-824. EDN: [YMBCLB](#)
- Бакаева Н. П. Урожайность ярового ячменя и оценка показателей продукционного процесса в севообороте // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2024. № 7(73). DOI: [10.19110/1994-5655-2024-7-5-9](#) EDN: [QDDQME](#)
- Кутилкин В. Г. Водопотребление ярового ячменя в зависимости от основной обработки почвы и азотных удобрений // Биотехнологические приемы производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Курск, 2021. С. 81-16. EDN: [QUTANZ](#)

5. Бобкова Ю. А., Абакумов Н. И. Влияние приемов обработки почвы на её биологическую активность и урожайность ячменя ярового // *Агробизнес и экология*. 2015. Т. 2, № 2. С. 8-10. EDN: [VZKUNZ](#)
6. Bakaeva N. P., Chugunova O. A., Saltykova O. L., Prikazchikov M. S. Components of the biotope soil and yield of barley // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : collection of scientific papers*. Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. 548(4). P. 042062. DOI: [10.1088/1755-1315/548/4/042062](#) EDN: [YREHGM](#)
7. Летучий А. В., Субботин А. Г., Фабижевская М. А. Влияние основной обработки почвы на урожайность ячменя в условиях Саратовского Правобережья // *Аграрные конференции*. 2024. № 43 (1). С. 41-45. EDN: [VDGHYZ](#)
8. Замайдинов А. А. Влияние технологии возделывания ячменя на накопления белка и крахмала в зерне // *Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства*. 2014. № 7 (2). С. 90-92. EDN: [TBIROZ](#)
9. Peltonen-Sainio P., Jauhiainen L., Nissila E. Improving cereal protein yields for high latitude conditions // *European Journal Agronomy*. 2012. 39. P. 1-8. DOI: [10.1016/j.eja.2012.01.002](#)
10. Бакаева Н. П., Васильев А. С., Кутилкин В. Г. Влияние систем обработки почвы и удобрений на структуру урожая и качество зерна ярового ячменя // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2023. № 2. С. 3-9. DOI: [10.55170/19973225_2023_8_2_3](#) EDN: [QMCXFH](#)
11. Салтыкова О. Л., Бакаева Н. П. Урожайность, накопление белка и крахмала в зерне ярового ячменя от основной обработки почвы // *Известия Коми научного центра УрО РАН*. 2024. № 7(73). С. 116-121. DOI: [10.19110/1994-5655-2024-7-116-121](#) EDN: [IVJXZF](#)
12. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л., Нечаева Е. Х. Влияние азотсодержащих удобрений на азотный режим почвы, ростовые и продукционные процессы яровой пшеницы // *Агрофизика*. 2022. № 2. С. 20-27. DOI: [10.25695/AGRPH.2022.02.04](#) EDN: [CXYTBE](#)
13. Ториков В. Е., Шустов А. Ф., Мельникова О. В., Осипов А. А. От агротехники до высокоэффективных агротехнологий возделывания полевых культур // *Вестник Брянской ГСХА*. 2024. № 5 (105). С. 11-17. EDN: [GTTJJV](#)

References

1. Kukushkina, L. N. & Vukolov, V. V. (2019) Evaluation of the source material for size, early maturity and productivity for the creation of spring barley varieties in the conditions of the Middle Volga region. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk (Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences)*, 6(21), 29-37 (In Russian). EDN: [SXLLUA](#)
2. Koshelyaev, V. V., Koshelyaeva, I. P. & Volodkin, A. A. (2018). Disease Development And Yield Of Barley On Different Levels Of Mineral Nutrition. (*Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*), 6 (9), 819-824. EDN: [YMBCLB](#)
3. Bakaeva, N. P. (2024). Spring barley yield and assessment of production process indicators in crop rotation. *Izvestiya Komi nauchnogo centra UrO RAN (Bulletin of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences)*, 7(73), 5-9. (In Russian). DOI: [10.19110/1994-5655-2024-7-5-9](#) EDN: [QDDQME](#)
4. Kutilkin, V. G. (2021). Water consumption of spring barley depending on the main tillage and nitrogen fertilizers. *Biotechnological methods of production and processing of agricultural products 21': collection of scientific papers* (pp. 81-16). Kursk. (In Russian). EDN: [QUTANZ](#)
5. Bobkova, Yu. A. & Abakumov, N. I. (2015). Influence of soil cultivation techniques on its biological activity and yield of spring barley. *Agro-biznes i ekologiya (Agribusiness and Ecology)*, 2(2), 8-10. (In Russian). EDN: [VZKUNZ](#)
6. Bakaeva, N. P., Chugunova, O. A., Saltykova, O. L. & Prikazchikov, M. S. (2020). Components of the biotope soil and yield of barley. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : collection of scientific papers*. (P. 042062). Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. (in Russ). DOI: [10.1088/1755-1315/548/4/042062](#) EDN: [YREHGM](#)
7. Letuchiy, A. V., Subbotin, A. G. & Fabizhevskaya, M. A. (2024). The influence of primary soil cultivation on barley yield in the conditions of the Saratov Right Bank. *Agrarnye konferencii (Agrarian conferences)*, 43 (1), 41-45. (In Russian). EDN: [VDGHYZ](#)
8. Zamaidinov, A. A. (2014). Influence of barley cultivation technology on the accumulation of protein and starch in grain. *Collection of scientific papers of the Stavropol Research Institute of Animal Husbandry and Forage Production* (P. 90-92). (In Russian). EDN: [TBIROZ](#)
9. Peltonen-Sainio P., Jauhiainen L. & Nissila E. (2012). Improving cereal protein yields for high latitude conditions. *European Journal Agronomy*, 39, 1-8. DOI: [10.1016/j.eja.2012.01.002](#)
10. Bakaeva, N. P., Vasiliev, A. S. & Kutilkin V. G. (2023). Influence of tillage systems and fertilizers on the yield structure and grain quality of spring barley. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoj sel'skhozaystvennoj akademii (Bulletin of the Samara State Agricultural Academy)*, 2, 3-9. (In Russian). DOI: [10.55170/19973225_2023_8_2_3](#) EDN: [QMCXFH](#)
11. Saltykova, O. L. & Bakaeva, N. P. (2024). Productivity, accumulation of protein and starch in spring barley grain from primary tillage. *Izvestiya Komi nauchnogo centra UrO RAN (Bulletin of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences)*, 7(73), 116-121. (In Russian). DOI: [10.19110/1994-5655-2024-7-116-121](#) EDN: [IVJXZF](#)
12. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L. & Nechaeva, E. Kh. (2022). The Influence of Nitrogen-Containing Fertilizers on the Nitrogen Regime of the Soil, Growth, and Production Processes of Spring Wheat. *Agrofizika (Agrophysics)*. 2. 20-27. (In Russian). DOI: [10.25695/AGRPH.2022.02.04](#) EDN: [CXYTBE](#)
13. Torikov, V. E., Shustov, A. F., Melnikova, O. V. & Osipov, A. A. (2024). From agricultural technology to highly efficient agricultural technologies for cultivating field crops. *Vestnik Bryanskoy GSKHA. (Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy)*, 5 (105), 11-17. (In Russian). EDN: [GTTJJV](#)

Информация об авторах:

Н. П. Бакаева – доктор биологических наук, профессор;
О. Л. Салтыкова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Information about the authors

N. P. Bakaeva – Doctor of Biological Sciences, Professor;
O. L. Saltykova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 10.07.2025; одобрена после рецензирования 30.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.

The article was submitted 10.07.2025; approved after reviewing 30.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 633.1: 631.45

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-53-57

**ВЛИЯНИЕ ПЛОДОСМЕНА НА УРОЖАЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
И ПЛОДОРОДИЕ СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН****Рогать Вагизович Миникаев^{1✉}, Фарит Шарипович Шайхутдинов², Миннегали Юсупович Гилязов³,
Игорь Михайлович Сержанов⁴, Марат Фуатович Амиров⁵**^{1, 2, 3, 4, 5} Казанский государственный аграрный университет, Республика Татарстан, Россия¹ ragat@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0860-2642>² faritshay@kazgau.com, <https://orcid.org/0009-0006-1423-4846>³ agro-pochvo@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1077-8311>⁴ igor.serzhanov@kazan.com, <https://orcid.org/0000-0003-1758-0622>⁵ m.f.amirof@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8585-1186>

Резюме. В ООО «Саба» Сабинского муниципального района Республики Татарстан с 2016 года ведутся опыты с севооборотами и монокультурами. Цель исследования – оценка влияния чередования культур и повторных посевов на уровень урожаев и плодородия почвы. Почва где проводились опыты с севооборотами – светло-серая лесная с содержанием гумуса по Тюрину 2,14-2,26%, P_2O_5 – 100-104 мг/кг, K_2O – 110-114 мг/кг почвы (по Кирсанову), $pH_{сол}$ 5,2-5,4. В севообороте изучались чередования: 1) одних зерновых злаковых культур сплошного посева (ячмень, рожь, яровая пшеница); 2) злаковых и бобового растения (горох); 3) злаковых и пропашной культуры (кукуруза на силос); 4) тех же культур с чистым паром; 5) злаковых и пропашной культуры с чистым паром и многолетними травами. Параллельно исследовались бессменный пар, монокультуры озимой ржи, яровой пшеницы, гороха, ячменя, кукурузы и люцерны. Опыты велись без удобрений и на фоне системы удобрений, состоящей из 40 т. навоза, вносимого один раз в четыре года, и $N_{60}P_{70}K_{60}$ в остальные годы. Средний урожай четырех зерновых культур (озимой ржи, яровой пшеницы, гороха и ячменя) в результате бессменного возделывания в течение семи лет снизился на удобренном фоне на 0,52 т/га, а без удобрений – на 0,39 т/га по сравнению с урожаями этих культур в севооборотах. В сумме за 6 лет наибольшее количество зерна собрано в паре-зерновом севообороте (12,40 т/га), на втором месте – зернобобово-паровой (10,88 т/га) и на третьем – зернобобовый (10,56 т/га). Включение в севооборот кукурузы обеспечило более высокие сборы (20, 27, 20, 91 и 22, 57 т/га) кормовых единиц с гектара как на удобренном, на неудобренном фоне – 11, 66, 23, 35 и 14, 45 т (вар. 3, 4, 6). Самый низкий выход кормовых единиц получен в зерновом севообороте (вар. 1) – 7,94-13,28 т/га.

Ключевые слова: севооборот, зерновые культуры, чередование растений, урожай, монокультура, чистый пар

Для цитирования: Миникаев Р. В., Шайхутдинов Ф. Ш., Гилязов М. Ю., Сержанов И. М., Амиров М. Ф. Влияние плодосмена на урожай сельскохозяйственных культур и плодородие светло-серой лесной почвы Республики Татарстан // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 53-57. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-53-57

Original article

**THE EFFECT OF FRUIT EXCHANGE ON CROP YIELDS AND THE FERTILITY
OF LIGHT GRAY FOREST SOIL IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN****Rogat V. Minikaev^{1✉}, Farit Sh. Shaykhutdinov², Minnegali Yu. Gilyazov³, Igor M. Serganov⁴, Marat F. Amirov⁵**^{1, 2, 3, 4, 5}Kazan State Agrarian University, Republic of Tatarstan, Russia¹ ragat@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0860-2642>² faritshay@kazgau.com, <https://orcid.org/0009-0006-1423-4846>³ agro-pochvo@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-1077-8311>⁴ igor.serzhanov@kazan.com, <https://orcid.org/0000-0003-1758-0622>⁵ m.f.amirof@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8585-1186>

Abstract. Saba LLC of the Sabinsky Municipal District of the Republic of Tatarstan has been conducting experiments with crop rotations and monocultures since 2016. The purpose of the study is to assess the impact of crop rotation and repeated sowing on the level of yields and soil fertility. The soil where experiments with crop rotations were conducted is light gray forest with a humus content of 2.14-2.26% according to Tyurin, P_2O_5 – 100-104 mg/kg, K_2O – 110-114 mg/kg soil (according to Kirsanov), pH 5.2 - 5.4. Alternations were studied in crop rotation: 1) some grain crops of continuous sowing (barley, rye, spring wheat); 2) cereals and legumes (peas); 3) cereals and row crops (corn for silage); 4) the same crops with pure steam; 5) cereals and row crops with pure steam and perennial grasses. In parallel, permanent steam, monocultures of winter rye, spring wheat, peas, barley, corn and alfalfa were studied. The experiments were conducted without fertilizers and against the background of a fertilizer system consisting of 40 tons of manure applied once every four years, and $N_{60}P_{70}K_{60}$ in the remaining years. The average yield of four grain crops (winter rye, spring wheat, peas and barley) as a result of continuous cultivation for seven years decreased by 0.52 t on a fertilized background, and by 0.39 t/ha without fertilizers compared to the yields of these crops in crop rotations. In total, over 6 years, the largest amount of grain was harvested in the steam-grain crop rotation (12.40 tons), in second place – leguminous-steam (10.88 tons) and in third – leguminous (10.56 tons). The inclusion of corn in the crop rotation provided higher harvests (20, 27, 20, 91 and 22.57 tons) of fodder units per hectare on both fertilized and non-fertilized backgrounds – 11, 66, 23, 35 and 14.45 tons (var. 3, 4, 6). The lowest yield of fodder units obtained in the grain crop rotation (var. 1) – 7.94-13.28 t/ha.

Keywords: crop rotation, crops, alternation of plants, harvest, monoculture, pure steam

For citation: Minikaev, R. V., Shaikhutdinov, F. Sh., Gilyazov, M. Yu., Serganov, I. M. & Amirov, M. F. (2025). The effect of fruit exchange on crop yields and the fertility of light gray forest soil in the Republic of Tatarstan. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozhajstvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 53-57 (In Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-53-57

Среди зерновых посевов наибольший удельный вес занимает одна из наиболее ценных продовольственных культур – яровая пшеница. Отсутствие хороших предшественников и недостаточный уровень агротехники в значительной степени сказывается на величине урожая яровой пшеницы и качестве зерна [1, 2, 3].

Чередование одних зерновых колосовых культур ведет к одностороннему использованию питательных веществ, а отсюда к более резкому снижению урожая. При этом результаты опытов показывают, что чем больше севооборот насыщен зерновыми культурами, тем выше эффективность вносимых удобрений. Так, прибавка урожая зерна от внесения одних и тех же доз удобрений в зерновом и зернобобовом севооборотах составила 0,6-0,56 т/га в севооборотах с включением пропашной культуры и черного пара – 0,42-0,38 т/га и при чередовании зерновых, черного пара, кукурузы и многолетних трав – 0,13 т/га в год [4, 5, 6].

Включение в севооборот пропашной культуры (кукурузы) обеспечило повышение урожая трех последующих культур (пшеницы, ячменя и ржи) по удобренному фону на 0,65 т/га и на фоне без удобрений – 0,53 т/га [7, 8, 9].

На сравнительно окультуренной светло-серой лесной почве, как по урожайности, так и по ряду важнейших качественных показателей лучшим предшественником ячменя оказалась кукуруза, хорошими предшественниками – картофель и бобовые культуры (чина, горох). По зернобобовым культурам ячмень, хотя и содержит несколько меньшее количество экстрактивных веществ (на 0,62% по сравнению с пропашными), но благодаря высокому урожаю ячменя после этих культур, сбор экстрактивных веществ с единицы площади получается высоким. Худшими предшественниками ячменя оказались зерновые культуры – яровая пшеница и, прежде всего, сам ячмень [10, 11, 12, 20].

Более высокая обеспеченность влагой и питательными веществами по чистому пару и картофелю способствовала увеличению полноты всходов, лучшей перезимовки и соответственно получению более высоких урожаев озимой пшеницы по этим предшественникам [13, 14, 15, 21].

Бессменное возделывание сельскохозяйственных культур ведет к всевозрастающему снижению урожая. На девятый год снижение сбора зерна гороха составило 0,7-0,8 т/га, ячменя – 0,35-0,37, яровой пшеницы – 0,47-0,66 и озимой ржи на неудобренном фоне – 1,31. Средний урожай четырех зерновых культур (озимая рожь, яровая пшеница, горох и ячмень) снизился на удобренном фоне на 0,31 т/га и без удобрений на 0,55 т/га [16, 17, 18].

Цель исследований: оценить влияние чередования культур и повторных посевов на уровень урожая и плодородия почвы.

Материалы и методы исследований. Почва где проводились опыты с севооборотами – светло-серая лесная с содержанием гумуса по Тюрину 2,14-2,26%, P_2O_5 – 100-104 мг/кг, K_2O – 110-114 мг/кг почвы (по Кирсанову), $pH_{\text{сол}}$ 5,2-5,4.

В севообороте изучались чередования:

- 1) одних зерновых злаковых культур сплошного посева (ячмень – рожь, яровая пшеница – ячмень – рожь – яровая пшеница);
- 2) злаковых и бобового растения (горох – рожь – яровая пшеница – ячмень – горох – рожь);
- 3) злаковых и пропашной культуры (ячмень – рожь – кукуруза – яровая пшеница – ячмень – рожь);
- 4) занятый пар, злаковые и пропашная культура (горох – рожь – кукуруза – яровая пшеница – ячмень – горох);
- 5) злаковых и пропашной культуры с чистым паром (чистый пар – рожь – яровая пшеница – горох – рожь – ячмень);
- 6) тех же культур с чистым паром и пропашной культуры (чистый пар – рожь – кукуруза – яровая пшеница – горох – рожь);
- 7) злаковых с чистым паром и многолетними травами (чистый пар – рожь – яровая пшеница – люцерна – люцерна 1 г.п. – люцерна 2 г.п. – яровая пшеница);
- 8) злаковых с чистым паром (чистый пар – рожь – яровая пшеница – ячмень – чистый пар – рожь).

Параллельно исследовались бессменный пар, монокультуры озимой ржи, яровой пшеницы, гороха, ячменя, кукурузы и люцерны. Опыты велись без удобрений и на фоне системы удобрений, состоящей из 40 т навоза, вносимого один раз в четыре года, и $N_{60}P_{70}K_{60}$ в остальные годы.

Севообороты заложены во времени, закладок – две, повторность трёхкратная. Общая площадь делянок 118 м², учетная – 108 м².

Технология обработки почвы и ухода за посевами – общепринятая по системе земледелия Республики Татарстан [19].

В годы проведения исследований погодные условия складывались неодинаково. Действие предшественников и удобрений зависело от количества и сроков выпадения осадков, а также температурного режима. Самыми неблагоприятными по метеорологическим условиям во время вегетации для формирования урожая особенно зерновых культур были 2016 и 2021 годы, где ГТК за вегетацию составил лишь 0,27-0,44.

Относительно благоприятными для роста и развития, изучаемых в севооборотах культур были 2017, 2018, 2019, 2020 и 2022 годы и расчеты гидротермического коэффициента (ГТК) показали, что он колебался в пределах 0,8-1,37.

Результаты исследований. Исследования показали, что различные по биологическим свойствам растения в неодинаковой степени иссушали почву за период вегетации. Например, осенью в слое 0-100 см в пару содержалось продуктивной влаги 224 мм (среднее за 7 лет), а под люцерной, использующей воду до конца вегетационного периода, было только 136,5 мм. Под озимой рожью содержание влаги весной и поздней осенью оказалось меньше, чем под другими культурами. После гороха влажность почвы была несколько выше, чем после яровых колосовых культур, что объясняется более ранним сроком уборки этой культуры и меньшим испарением влаги почвой вследствие затенения ее листовой поверхностью гороха.

Изучение пищевого режима почвы показало, что наибольшее количество нитратного азота накапливается в систематически обрабатываемом чистом пару. На втором месте в ранние фазы развития в этом отношении находится кукуруза, на посевах которой проведено за лето несколько обработок. Интенсивный нитрификационный процесс под чистым паром и кукурузой можно объяснить тем, что многократные рыхления почвы создают лучший водно-воздушный режим для размножения аэробных бактерий, которые в свою очередь разлагают гумус до нитратов.

В севообороте положительное последствие пара по содержанию нитратов наблюдалось в течение 3-4 лет. Так, перед посевом четвертой культуры в зерновом севообороте их содержалось 53,4, в зернобобовом – 53,6, а в зернобобово-паровом – 61,4 мг на 1 кг почвы. Рожь значительно лучше была обеспечена нитратным азотом при посеве по чистому пару, чем после гороха и ячменя.

Характерных изменений по содержанию почвы доступного фосфора под разными севооборотами не произошло. Однако следует заметить, что фосфор почвы более интенсивно используется при чередовании культур в севооборотах, чем в бесменных посевах. Если количество P_2O_5 на монокультурах без удобрений в 2021 году составило 93-68 мг на 1000 г абсолютно сухой почвы, то в севооборотах только 53-61,5 мг. На фоне системы удобрений соответственно 116-150 и 78-64 мг/кг.

Экономное расходование влаги и более интенсивное использование питательных веществ способствовали получению в севооборотах более высоких урожаев (табл. 1).

Таблица 1

Влияние севооборотов на урожай сельскохозяйственных культур в среднем за 2021-2022 гг. (т/га)

Культуры	Удобрённый фон			Без удобрений		
	в севообороте	бесменно	прибавка	в севообороте	бесменно	прибавка
Озимая рожь	2,57	1,81	0,76	1,57	0,97	0,60
Яровая пшеница	1,87	1,21	0,66	1,39	1,0	0,39
Горох	1,66	1,35	0,31	1,35	1,05	0,30
Ячмень	1,76	1,42	0,34	1,44	1,17	0,27
Средний	1,97	1,45	0,52	1,44	1,05	0,39
НСР05	0,22	0,19		0,23	0,11	

Данные таблицы 1 показывают, что средний урожай четырех зерновых культур (озимой ржи, яровой пшеницы, гороха и ячменя) в результате бесменного возделывания в течение семи лет снизился на удобренном фоне на 0,52 т, а без удобрений – на 0,39 т/га по сравнению с урожаями этих культур в севооборотах.

Урожаи отдельных сельскохозяйственных культур и продуктивность того или другого севооборота в целом во многом зависят от рационального чередования растений. В таблице 2 приводится суммарный выход зерна и кормовых единиц с гектара пашни в изучаемых севооборотах.

Таблица 2

Валовой выход продукции за 6 лет в севооборотах (среднее по двум закладкам)

Вариант	Чередование культур	Фон удобренный			Без удобрений		
		сумма урожаев зерна за 6 лет (за вычетом семян парозанимающих культур), т.	валовой выход продукции (основной и побочной) в т. к. ед. за 6 лет	в % к зерновому севообороту	сумма урожаев зерна за 6 лет (за вычетом семян парозанимающих культур), т.	валовой выход продукции (основной и побочной) в т. к. ед. за 6 лет	в % к зерновому севообороту
1	ячмень-рожь-пшеница-ячмень-рожь-пшеница	8,54	13,28	100,0	4,84	7,94	100,0
2	горох-рожь-пшеница-ячмень-горох-рожь	10,56	16,48	124,1	6,08	9,37	123,3
3	ячмень-рожь-кукуруза-пшеница-ячмень-рожь	8,78	20,27	152,6	4,73	11,66	150,7
4	горох-рожь-кукуруза-пшеница-ячмень-горох	9,32	20,91	157,4	6,14	13,85	184,4
5	пар-рожь-пшеница-горох-рожь-ячмень	10,88	16,60	124,9	6,98	10,75	142,1
6	пар-рожь-кукуруза-пшеница-горох-рожь	9,67	22,57	169,9	5,71	14,45	192,6
7	пар-рожь-пшеница-люцерна-люцер. 1 г.п.-люцер. 2 г.п.-пшеница	7,40	17,07	128,6	4,74	9,45	128,9
8	пар-рожь-пшеница-ячмень-пар-рожь	12,40	18,49	139,3	7,75	11,57	157,7

Данные таблицы 2 показывают, что в сумме за 6 лет наибольшее количество зерна собрано в паро-зерновом севообороте (12,40 т), на втором месте – зернобобово-паровой (10,88 т) и на третьем – зернобобовый (10,56 т).

Включение в севооборот кукурузы обеспечило более высокие сборы кормовых единиц с гектара как на удобренном, так и на неудобренном фонах (вар. 3, 4, 6).

Заключение.

В условиях Предкамской зоны Республики Татарстан на светло-серой лесной почве более высокие сборы зерна в сумме за 6 лет получены в севооборотах с чистым паром (вариант 8 – 12,4 т/га и вариант 5 – 10,88 т/га на удобренном фоне и на фоне без удобрений – 7,75 и 6,98 т/га соответственно). По валовому выходу кормовых единиц на обоих фонах питания лучшими оказались севообороты с включением кукурузы и гороха (вариант 6 – 22,57 и 14,45 т/га).

Средний урожай четырех зерновых культур (озимой ржи, яровой пшеницы, гороха и ячменя) в результате бесменного возделывания в течение семи лет снизился на удобренном фоне на 0,51 т/га, а без удобрений – на 0,39 т/га по сравнению с урожаями этих культур в севооборотах.

Наилучший пищевой режим почвы был отмечен в чистом пару и под пропашной культурой – кукурузой.

Чистый пар и горох в севообороте заметно улучшают водный режим почвы.

Список источников

1. Сержанов И. М. Шайхутдинов Ф. Ш. Яровая пшеница в северной части лесостепи Поволжья : монография. Казань, 2013. 234 с.
2. Таланов И. П., Ахметзянов И. Р. Продуктивность полевых культур в системе обработки почвы при биологизации севооборотов // Плодородие. №3(114). 2020. С. 47-52. DOI: [10.25680/S19948603.2020.114.15](https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.114.15) EDN: [FIHNZU](https://www.edn.ru/FIHNZU)
3. Амиров М. Ф., Семенов П. Г., Новоселов С. И. Влияние некорневых подкормок на урожайность и качество зерна сортов пшеницы полбы в условиях Предкамья Республики Татарстан // Агробιοтехнологии и цифровое земледелие. 2023. №4 (8). С. 12-17. DOI: [10.12737/2782-490X-2024-12-17](https://doi.org/10.12737/2782-490X-2024-12-17) EDN: [OLASLA](https://www.edn.ru/OLASLA)
4. Миникаев Р. В., Шайхутдинов Ф. Ш., Манюкова И. Г., Мухутдинова Г. С., Фатихов Д. А., Климова Л. Р. Совершенствование системы обработки почвы в агроландшафтах Среднего Поволжья : монография. Казань : Казанский ГАУ, 2021. 400 с.
5. Корчагин В. А. Применение чистых паров для стабилизации производства зерна и интенсификации использования пашни // Интенсификация использования паровых полей в Среднем Заволжье. 1992. С. 3-24. EDN: [YKEWHR](https://www.edn.ru/YKEWHR)
6. Курдюков Ю. Ф., Левицкая Н. Г., Лощина Л. П., Шубитидзе Г. В., Васильева М. Ю. Зависимость урожая яровой пшеницы от вида севооборота и метеорологических условий // Земледелие. 2014. №1. С. 41-43. EDN: [MNXEVV](https://www.edn.ru/MNXEVV)
7. Тютюнов С. И., Соловichenko В. Д., Логвинов И. В., Самыкин В. Н. Плодосменный севооборот-основной фактор сохранения и повышения плодородия почвы в условиях биологизации земледелия Белгородской области // Плодородие. 2014. № 1 (76). С. 28-30. EDN: [RUYBYX](https://www.edn.ru/RUYBYX)
8. Лошаков В. Г. Воспроизводство плодородия почвы в зерновом севообороте // Владимирский землевладелец. 2013. №3 (65). С. 25-27. EDN: [RCLARR](https://www.edn.ru/RCLARR)
9. Лапина В. В., Смолин Н. В., Жемчужина Н. С. Роль предшественников в снижении поражаемости яровой пшеницы корневыми гнилями // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. №1(21). С. 29-33. EDN: [OLDCCI](https://www.edn.ru/OLDCCI)
10. Крутских Л. П., Луценко Р. Н. Продуктивность зернопропашного севооборота и плодородие чернозема под влиянием удобрений // Земледелие. 2013. №6. С. 11-12. EDN: [RFLAFB](https://www.edn.ru/RFLAFB)
11. Дудкин В. М., Акименко А. С., Дудкин И. В., Логачев Ю. Б. Севооборот и удобрение – основные факторы управления формированием урожая // Земледелие. 2002. № 1. С. 25-26. EDN: [WAVGHN](https://www.edn.ru/WAVGHN)
12. Дудкин И. В., Дудкина Т. А. Засоренность посевов ячменя в различных севооборотах // Земледелие. 2010. №6. С. 31-33. EDN: [MVLXBB](https://www.edn.ru/MVLXBB)
13. Дудкин И. В., Шмат З. М. Системы обработки почвы и сорняки // Защита и карантин растений. 2010. №8. С. 28-30. EDN: [MSXOUR](https://www.edn.ru/MSXOUR)
14. Миникаев Р. В., Фатихов Д. А. Значение предшественников в условиях интенсификации производства зерна в условиях Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. №S4-1(55). С. 74-79. DOI: [10.12737/2073-0462-2020-74-79](https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-74-79) EDN: [VTEVYU](https://www.edn.ru/VTEVYU)
15. Ахметзянов М. Р., Таланов И. П. Эффективность полевых севооборотов при различных уровнях интенсификации и биологизации земледелия // Вестник Казанского ГАУ. 2019. №4 (55). С.10-14. DOI: [10.12737/2073-0462-2020-10-14](https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-10-14) EDN: [NTALFC](https://www.edn.ru/NTALFC)
16. Ахметзянов М. Р., Таланов И. П. Продуктивность зерноотравадного севооборота в зависимости от заделки навоза, соломы и промежуточного сидерата // Вестник Казанского ГАУ. 2019. №4 (56). С.10-14. DOI: [10.12737/2073-0462-2020-11-15](https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-11-15) EDN: [EUQXSW](https://www.edn.ru/EUQXSW)
17. Абрашитов Р. Х. Особенности формирования оптимальных агрофитоценозов яровой пшеницы в степной зоне Южного // Вестник РАСХН. 2003.
18. Воробьев С. А., Залялов Ф. К. Результаты исследований севооборотов и бесменных культур в условиях центральных районов Нечерноземной зоны. Отчет о результатах научных исследований по проблеме: разработка научных основ севооборотов в интенсивном земледелии. М., 1970. 74 с.
19. Блохин В. И. Яровой ячмень // Настольная книга земледельца. Казань, 2007. С. 91-103.
20. Валиев А. Р., Габдрахманов И. Х., Сафин Р. И., Зиганшин Б. Г. Система земледелия Республики Татарстан. 2014. EDN: [GQOYHV](https://www.edn.ru/GQOYHV)
21. Brankatsch G., Finkbeiner M. Modeling crop rotation in agricultural LCAs – challenges and potential solutions. Agricultural Systems. 2015. (138):66-76. DOI: [10.1016/j.agry.2015.05.008](https://doi.org/10.1016/j.agry.2015.05.008)
22. Hirte J., Leifeld J., Abiven S., Oberholzer H.-R., Hammelehe A., Mayer J. Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter. Front Plant Sci. 2017. (8):284. DOI: [10.3389/fpls.2017.00284](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00284)

References

1. Serzhanov, I. M. & Shaikhutdinov, F. S. (2013). Spring wheat in the northern part of the Volga forest steppe: a monograph. Kazan. (In Russian).
2. Talanov, I. P. & Akhmetzyanov, I. R. (2020). Productivity of field crops in the tillage system during crop rotation biologization. *Fertility*. 3(114). 47-52. (In Russian). DOI: [10.25680/S19948603.2020.114.15](https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.114.15) EDN: [FIHNZU](https://www.edn.ru/FIHNZU)

3. Amirov, M. F., Semenov, P. G. & Novoselov, S. I. (2023). The effect of foliar top dressing on the yield and grain quality of spelt wheat varieties in the conditions of the Amur region of the Republic of Tatarstan. *Agrobiotechnology and digital agriculture*. 4 (8). 12-17. (In Russian). DOI: [10.12737/2782-490X-2024-12-17](https://doi.org/10.12737/2782-490X-2024-12-17) EDN: [OLASLA](#)
4. Minikaev, R. V., Shaikhutdinov, F. Sh., Manyukova, I. G., Mukhutdinova, G. S., Fatikhov, D. A., & Klimova, L. R. (2021). Improving the Soil Tillage System in the Agro-Landscapes of the Middle Volga Region. (In Russian).
5. Korchagin, V. A. (1992). The use of pure fallow for stabilizing grain production and intensifying the use of arable land. In *Intensification of the use of fallow fields in the Middle Volga region* (pp. 3-24). (In Russian). EDN: [YKEWHR](#)
6. Kurdyukov, Yu. F., Levitskaya, N. G., Loshchinina, L. P., Shubitidze, G. V., & Vasilyeva, M. Yu. (2014). Dependence of spring wheat yield on crop rotation type and meteorological conditions. *Agriculture*, (1), 41-43. (In Russian). EDN: [MNXEVV](#)
7. Tyutyunov, S. I., Solovichenko, V. D., Logvinov, I. V., & Samykin, V. N. (2014). Fruit-changing crop rotation is the main factor in preserving and increasing soil fertility in the conditions of biologization of agriculture in the Belgorod region. *Fertility*, (1 (76)), 28-30. (In Russian). EDN: [RUYBYX](#)
8. Loshakov, V. G. (2013). Reproduction of soil fertility in grain crop rotation. *Vladimirsky zemledelets*, (3 (65)), 25-27. (In Russian). EDN: [RCLARR](#)
9. Lapina, V. V., Smolin, N. V., & Zhemchuzhina, N. S. (2013). The Role of Predecessors in Reducing the Prevalence of Root Rot in Spring Wheat. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, (1 (21)), 29-33. (In Russian). EDN: [OLDXXI](#)
10. Krutskikh, L. P., & Lutsenko, R. N. (2013). Productivity of grain-fallow crop rotation and fertility of chernozem under the influence of fertilizers. *Agriculture*, (6), 11-12. (In Russian). EDN: [RFLAFB](#)
11. Dudkin, V. M., Akimenko, A. S., Dudkin, I. V., & Logachev, Yu. B. (2002). Crop rotation and fertilizer as the main factors in managing crop formation. *Agriculture*, (1), 25-26. (In Russian). EDN: [WAVGHN](#)
12. Dudkin, I. V., & Dudkina, T. A. (2010). Weediness of barley crops in various crop rotations. *Agriculture*, (6), 31-33. (In Russian). EDN: [MVLXBB](#)
13. Dudkin, I. V., & Shmat, Z. M. (2010). Soil cultivation systems and weeds. *Plant Protection and Quarantine*, (8), 28-30. (In Russian). EDN: [MSXOUR](#)
14. Minikaev, R. V., & Fatikhov, D. A. (2019). The importance of predecessors in the conditions of grain production intensification in the Republic of Tatarstan. *Bulletin of Kazan State Agrarian University*, 14(S4-1), 74-79. (In Russian). DOI: [10.12737/2073-0462-2020-74-79](https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-74-79) EDN: [VTEVYU](#)
15. Akhmetzyanov, M. R., & Talanov, I. P. (2019). The effectiveness of field crop rotations at different levels of agricultural intensification and biologization. *Bulletin of Kazan State Agrarian University*, 14(S4-1), 10-14. (In Russian). DOI: [10.12737/2073-0462-2020-10-14](https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-10-14) EDN: [NTALFC](#)
16. Akhmetzyanov, M. R., & Talanov, I. P. (2019). The effectiveness of field crop rotations at different levels of agricultural intensification and biologization. *Bulletin of Kazan State Agrarian University*, 14(S4-1), 10-14. (In Russian). DOI: [10.12737/2073-0462-2020-11-15](https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-11-15) EDN: [EUQXSW](#)
17. Abdrashitov, R. H. (2003). Features of the formation of optimal spring wheat agroecosystems in the steppe zone of the Southern Urals. (In Russian).
18. Vorobyov, S. A. & Zalyalov, F. K. (1970). Results of research on crop rotations and permanent crops in the conditions of the central regions of the Non-Chernozem zone. *Report on the results of scientific research on the problem: development of the scientific foundations of crop rotations in intensive agriculture*. (In Russian).
19. Blokhin, V. I. (2007). Spring barley. *The table book of the farmer*. (In Russian).
20. Valiev, A. R., Gabdrakhmanov, I. Kh., Safin, R. I., & Ziganshin, B. G. (2014). The Farming System of the Republic of Tatarstan. (In Russian). EDN: [GQOYHV](#)
21. Brankak, G. & Shinkbeiner, M. (2015). Personnel management in agriculture – problems and prospects of development. *Agricultural systems*. (138):66-76. DOI: [10.1016/j.agsy.2015.05.008](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.05.008)
22. Hirte, J., Leifeld, J., Abiven, S., Oberholzer, H.-R., Hammelele, A. & Mayer, J. (2017). Overestimation of biomass of root crops in field experiments due to foreign organic matter. *Journal of Front Plant Sci*. (8):284. DOI: [10.3389/fpls.2017.00284](https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00284)

Информация об авторах:

Р. В. Миникаев – доктор сельскохозяйственных наук, доцент;
 Ф. Ш. Шайхутдинов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
 М. Ю. Гилязов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
 И. М. Сержанов – доктор сельскохозяйственных наук, доцент;
 М. Ф. Амиров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors:

R. V. Minikaev – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor;
 F. Sh. Shaikhutdinov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
 M. Yu. Gilyazov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
 I. M. Serganov – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor;
 M. F. Amirov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 22.06.2025; одобрена после рецензирования 3.10.2025; принята к публикации 15.10.2025.
 The article was submitted 22.06.2025; approved after reviewing 3.10.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 633.11.631.461:631.559

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-58-63

ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЕСТРУКТОРОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ В УСЛОВИЯХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Роман Анатольевич Горяев^{1✉}, Максим Анатольевич Пазин²^{1,2} Кемеровский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкого, Кемерово, Россия¹ romananatol27@rambler.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7874-5096>² mister.pazin@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-2588-5335>

Резюме. В статье отражены результаты исследования целлюлозолитической активности почвы под влиянием деструкторов растительных остатков 1 Биоконкомпозит (микробиологический препарат), 2 Стернифаг (биологический фунгицид) и использовании двух различных способов основной обработки почвы поверхностной на глубину 10-12 см (борона дисковая БДТ-3,8) и отвальной вспашки 20-22 см (плуг ПЛН-3-35). Действие препаратов рассматривалось как в чистом виде, так и совместно с применением азотного удобрения (NH_4NO_3) в виде аммиачной селитры в норме 20 кг/га. Исследования проводились в течении двух лет с использованием двух культур яровой пшеницы сорта Руслана и гороха сорта Эрби. Отбор почвенных проб проводили в течении трех раз за исследуемый период, первый перед посевом в мае, второй перед уборкой в августе, третий после применения препаратов и основной обработки почвы в октябре. Содержание влаги в почве было максимальным при отвальном способе обработки и в 2023 (36,6), и в 2024 году (33,7). При поверхностном способе обработки содержание влаги составляло (34,1) и (30,0) в 2023 и 2024 году соответственно. В результате полученных данных установлена зависимость между показателями урожайности культур и целлюлозолитической активностью почвы. Полученные данные показали, что максимальный распад льняного полотна наблюдался на вариантах опыта при поверхностном способе обработки почвы с использованием препарата Биоконкомпозит в течении исследуемых периодов времени в 2023 году урожайность пшеницы составила 1,20 т/га, в 2024 году урожайность гороха 1,51 т/га, средний уровень целлюлозолитической активности был соответственно на уровне 45 % и 84 %. Варианты с применением грибного препарата Стернифаг показали данные урожайности в 2023 году пшеницы 1,09 т/га в 2024 году гороха 1,32 т/га, целлюлозолитическая активность составляла 42% и 75 %.

Ключевые слова: целлюлозолитическая активность почвы, применение удобрений, деструкторы растительных остатков, яровая пшеница, горох, биогенность, урожайность культур.

Для цитирования: Горяев Р. А., Пазин М. А. Целлюлозолитическая активность серой лесной почвы под влиянием деструкторов растительных остатков в условиях Юга Западной Сибири // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 58-63. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-58-63

Original article

CELLULOSOLYTIC ACTIVITY OF GRAY FOREST SOIL UNDER THE INFLUENCE OF PLANT RESIDUES DESTRUCTORS IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

Roman A Goryaev^{1✉}, Maxim A Pazin²^{1,2} Kemerovo State Agrarian University named after V.N. Poletskov, Kemerovo, Russia¹ romananatol27@rambler.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7874-5096>² mister.pazin@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-2588-5335>

Abstract. The article presents the results of a study of the cellulolytic activity of the soil under the influence of destructors of plant residues 1 Biocomposite (microbiological preparation), 2 Sternifag (biological fungicide) and the use of two different methods of basic surface tillage to a depth of 10-12 cm (disc harrow BDT-3.8) and dump plowing 20-22 cm (plow PLN-3-35). The effect of the preparations was considered both in its pure form and in combination with the use of nitrogen fertilizer (NH_4NO_3) in the form of ammonium nitrate at a rate of 20 kg/ha. The research was conducted over two years using two crops of spring wheat of the Ruslana variety and peas of the Erbi variety. Soil sampling was carried out three times during the study period, the first before sowing in May, the second before harvesting in August, and the third after applying preparations and basic soil treatment in October. The moisture content in the soil was maximum with the dump treatment method in both 2023 (36.6) and 2024 (33.7). With the surface treatment method, the moisture content was (34.1) and (30.0) in 2023 and 2024, respectively. As a result of the data obtained, the relationship between crop yield indicators and the cellulolytic activity of the soil was established. The data obtained showed that the maximum decay of flax was observed in experimental samples with a surface tillage method using the Biocomposite preparation during the studied time periods in 2023, the wheat yield was 1.20 t/ha, in 2024, the pea yield was 1.51 t/ha, the average level of cellulolytic activity was at the level of 45% and 84%. Variants using the Sternifag mushroom preparation showed yield data of 1.09 t/ha in wheat in 2023 and 1.32 t/ha in peas in 2024, with cellulolytic activity of 42% and 75%.

Keywords: cellulolytic activity of soil, application of fertilizers, decomposers of plant residues, spring wheat, peas, biogenicity, crop yields

For citation: Goryaev, R. A. & Pazin, M. A. (2025). Cellulosolytic activity of gray forest soil under the influence of plant residues destructors in the conditions of the south of Western Siberia. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 58-63. (In Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-58-63

На основе распада льняного полотна формируется мнение о интенсивности протекающих процессов и уровне биологической активности почвы. Биологическая активность почвы наиболее точно отражает почвенные условия совокупность которых обеспечивает результат работы земледельца в виде полученного урожая возделываемых культур [1, 2, 3].

К настоящему моменту интерес представляет вопрос о том, каким образом изменяется целлюлозолитическая активность почвы по фенологическим сезонам года и зависимость от способа обработки во времени [4].

Цель исследований: установить влияние препаратов деструкторов на формирование урожайности и процесс функционирования агросистемы в зависимости от условий влажности и способа основной обработки почвы.

Впервые в Кемеровской области проводится испытание препаратов различного происхождения для оценки их влияния на улучшение плодородия почвы за счет увеличения доли полезных микроорганизмов, подавления патогенной микрофлоры, более быстрого разложения растительных остатков и уменьшения применения минеральных удобрений.

Задачи исследований: определить целлюлозоразлагающую активность почвы, биогенность амилотических и протеолитических микроорганизмов и урожайность культур в зависимости от действия препаратов деструкторов и способа основной обработки почвы.

Материал и методы исследований. Опыты проводились в 2022-2024 гг. на поле ИП Глава КФХ Горяев Роман Анатольевич расположенного в селе Красный Яр, Ижморского округа, Кемеровской области согласно схеме геоморфологического районирования, представленной южной окраиной Западно-Сибирской низменности. Равнинные территории области входят в Предалтайскую и Среднесибирскую провинции лесостепной зоны серых лесных и других типов почв в пределах суббореального почвенно-биоклиматического пояса. Ижморский округ расположен в умеренно-прохладном, умеренно увлажненном климатическом подрайоне. В почвенном покрове преобладают темно-серые и серые лесные почвы.

Опыт проводился в четырехпольном севообороте. Предшественником яровой пшеницы являлась озимая пшеница. Согласно чередованию культур, на участке полевого производственного опыта в 2023 году высевали пшеницу сорта Руслана, в 2024 году горох сорта Эрби, в 2025 году заключительной культурой использовали овес сорта Максим.

Варианты опыта состояли из 12 вариантов из них 4 варианта контроля. Опыт трехфакторный. Фактор А – микробиологические препараты, фактор В – обработка почвы, фактор С – удобрения.

Схема опыта

Поверхностная 10-12 см		Отвальная 20-22 см	
Контроль	Контроль N 20 кг д.в. на га	Контроль	Контроль N 20 кг д.в. на га
Биокомпозит	Биокомпозит N 20 д.в. на га	Биокомпозит	Биокомпозит N 20 кг д.в. на га
Стернифаг	Стернифаг N 20 кг д.в. на га	Стернифаг	Стернифаг N 20 кг д.в. на га

Почва опытного участка серая лесная тяжелосуглинистая. Содержание органического вещества определяли фотометрическим методом в соответствии с ГОСТ 26213-2021 «Почвы. Методы определения органического вещества», по грациям, разработанным и утвержденным в почвоведении является повышенным – 7,66%, содержание нитратного азота ионометрическим методом по ГОСТ 26951-86 «Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом» низкое – 5,97 мг/кг, содержание фосфора низкое – 8,61 мг/кг, содержание калия низкое – 15,84 мг/кг, определяли по Чирикову в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26204-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО», реакцию почвенного раствора определяли по Каппену в соответствии с ГОСТ 26212-91 «Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО» относится к слабокислым с величиной pH – 4,9, численность микроорганизмов амилотических и протеолитических определяли с помощью метода посева на среде МПА и КАА.

На фоне применения различных препаратов деструкторов и основной обработки почвы изучали их действие на показатели биологической активности и урожайность сельскохозяйственных культур. Площадь деланки 1440 м². Повторность опыта – четырехкратная.

В процессе исследования использовались препараты микробиологический Биокомпозит производство Щелково агрохим город Москва и биологический фунгицид Стернифаг производство Агроботехнологии город Белгород, а также аммиачная селитра (NH₄NO₃) в дозе 20 кг д.в. на 1 га.

Препарат Биокомпозит состоит из консорциума микроорганизмов Bacillus, Pseudomonas и другие в 1 см³ препарата концентрация не менее 1*10⁹ КОЕ/г. Норма расхода от 1 до 3 л/га. Препарат Стернифаг представляет собой биологический фунгицид на основе гриба Trichoderma harzanium, штамм ВКМ F-4099D титр 10*10¹⁰ КОЕ/г используется для подавления патогенной микрофлоры, ускорения разложения стерни и соломы различных культур. Норма расхода 80 г/га.

Обработку почвы проводили трактором МТЗ-82.1 с бороной дисковой для поверхностной обработки на глубину 10-12 см и плугом ПЛН-3-35 для отвальной вспашки на глубину 20-22 см. Закрытие влаги цепкой борон СН-11, предпосевную культивацию культиватором КПС-4. Посев сеялкой СЗП 3,6. Уборка комбайном ДОН 1500Б. Внесение препаратов и аммиачной селитры опрыскивателем ОПШ-2000. Норма расхода препаратов рекомендуемые заводом изготовителем Биокомпозит – 3 л/га, препарата Стернифаг – 80 г/га.

Целлюлозолитическую активность определяли аппликационным методом по степени разложения в пахотном слое почвы (0-20 см) льняного полотна по методике Мишустина Е. Н.

Повторность закладки проб на каждом варианте опыта четырехкратная. В конце каждого периода льняная ткань извлекалась из почвы, очищалась, высушивалась до воздушно-сухого состояния и взвешивалась. По соотношению в весе определялось количество распавшейся льняной ткани (в %).

Градация разрушения клетчатки, следующая: <10-очень слабая, -10-30 – слабая, -30-50 – средняя, -50-80 – сильная, -> 80 – очень сильная.

В течение 2023 года количество осадков за год составило 404 мм или 70,8 % от нормы, наибольшее количество осадков выпадало в августе 64 мм, в течение 2024 г количество осадков было выше со значением 492 мм или 86,3% от нормы, наибольшее количество осадков выпадало на август 92 мм, ГТК вегетационного периода составил 0,9 в 2023 году и 1,2 в 2024 году.

Экспериментальные данные обрабатывались методом дисперсионного анализа по методике Доспехова Б. А.

Результаты исследований. Как известно, интенсивность разложения целлюлозы зависит от влажности почвы, условий погоды [1].

Наличие влаги в почве имеет большое практическое значение [5]. По мнению исследователей, кратковременные изменения разложения целлюлозы могут вызывать изменение влажности почвы [6].

В исследованиях проявилось неоднозначное воздействие способов обработки на данный показатель.

Можно предположить, что от интенсивности процессов разложения клетчатки, зависит биологический круговорот элементов питания и возделываемая культура обеспечивается питательными элементами.

В исследованиях, проводимых на черноземных почвах установлено что продуктивность зависит от активности целлюлозоразлагающих почвенных микроорганизмов [7-12].

Наибольшая влажность почвы (табл. 1) в среднем за 2023 год была при поверхностной обработке в вариантах с препаратом Биоккомпозит 34,5-36,5 %, при отвальной 36,7-39,2 %. С применением препарата Стернифаг при поверхностной обработке 33,5-35,9 %, при отвальной 36,6-38,6 %. Минимальные значения были на вариантах контроля при поверхностной 31,9-32,7 %, при отвальной 34,3-34,7 %. В 2024 году наблюдалась та же тенденция при поверхностной обработке с препаратом Биоккомпозит 32,8-33,9 %, при отвальной 34,6-36,3 %. С препаратом Стернифаг при поверхностной 28,7-32,3 %, при отвальной 32,7-33,8 %. На контрольных вариантах при поверхностной обработке 26,2-26,6 %, при отвальной вспашке 32,3-32,7 %. При отвальной вспашке влажность почвы в вариантах опыта была выше, что связано с более глубоким рыхлением и перемешиванием слоев почвы.

В сравнении целлюлозолитической активности от способа обработки почвы (табл. 2) отмечалось превосходство при поверхностной над отвальной, чему способствовали определенные условия создаваемые при обработке почвы на глубину 10-12 см такие как плотность почвы, доступ свободного азота, температура почвы и др.

Разница в (среднем) по 2023 году между двумя способами составляла на вариантах с препаратом Биоккомпозит до 10 %, с препаратом Стернифаг до 14%. На контрольных вариантах до 11 %. По 2024 году в вариантах с препаратом Биоккомпозит до 8 %, с препаратом Стернифаг до 5 %. На контрольных вариантах до 6 %.

Таблица 1

Влажность почвы на вариантах опыта при различной обработке почвы и применении препаратов.

Варианты (фактор А)	Азот (фактор С)	Поверхностная 10-12 см (фактор В)				Отвальная 20-22 см (фактор В)			
		1 отбор (май)	2 отбор (август)	3 отбор (октябрь)	Среднее	1 отбор (май)	2 отбор (август)	3 отбор (октябрь)	Среднее
2023 г									
Контроль	0	31,9	34,5	31,9	32,7	32,7	33,0	37,5	34,3
	N20 кг в д.в на га	29,8	33,9	32,0	31,9	31,9	33,0	39,4	34,7
Биоккомпозит	0	32,0	32,1	39,5	34,5	32,6	34,1	43,6	36,7
	N20 кг в д.в. на га	36,2	32,8	40,6	36,5	36,8	37,3	43,6	39,2
Стернифаг	0	36,9	34,3	36,5	35,9	32,2	36,7	41,1	36,6
	N20 кг в д.в. на га	30,8	33,7	36,2	33,5	34,9	37,6	43,2	38,6
Среднее по опыту		33,0	33,5	36,0	34,1	33,5	35,2	41,4	36,6
2024 г									
Контроль	0	19,8	27,2	33,0	26,6	27,0	31,3	38,6	32,3
	N20 кг в д.в. на га	20,7	27,3	30,8	26,2	26,4	34,4	37,5	32,7
Биоккомпозит	0	26,6	33,5	38,5	32,8	27,9	38,9	42,8	36,3
	N20 кг в д.в. на га	27,8	34,8	39,1	33,9	26,7	36,0	41,1	34,6
Стернифаг	0	25,5	34,5	37,1	32,3	25,8	32,8	42,8	33,8
	N20 кг в д.в. на га	20,7	31,4	34,1	28,7	25,3	31,1	41,8	32,7
Среднее по опыту		23,5	31,4	35,4	30,0	26,4	34,0	40,7	33,7

В результате исследований установлено, что интенсивность разложения льняной ткани изменяется в течение вегетационного периода под воздействием влажности и температуры почвы. Так, при возделывании яровой пшеницы и гороха установлено что при разных системах обработки и удобрений создаются неоднозначные условия для жизнедеятельности микроорганизмов и ее целлюлозолитической активности. В засушливом 2023 году наблюдалась тенденция по превосходству целлюлозолитической активности при использовании бактериального препарата над грибным. Так показатели целлюлозолитической активности были выше при использовании препарата Биоккомпозит (25-65 % при поверхностной обработке, варианты с отвальной вспашкой 10-50 % соответственно) при использовании препарата Стернифаг (19-56 % при поверхностной обработке и от 16-42 % при отвальной вспашке). В вариантах контроля при поверхностной обработке без удобрений при первом и третьем отборе не было превышения по сравнению с препаратом Стернифаг, по всем остальным наблюдалось превышение. На отвальной вспашке варианты контроля были выше при первом отборе в сравнении с препаратом Стернифаг, по всем остальным вариантам и отборам использование препаратов способствовало увеличению целлюлозолитической активности. Во влажном 2024 году самая высокая целлюлозолитическая активность отмечалась в вариантах с применением препарата Биоккомпозит (при поверхностной обработке почвы 68-93 % и отвальной 54-88 % соответственно), с препаратом Стернифаг (при поверхностной обработке 49-89 % и 53-83 % на отвальной). Контрольные варианты уступали вариантам с препаратами как при отвальной, так и при поверхностной обработке почвы. Применение минеральных удобрений в виде аммиачной селитры существенно интенсифицировало этот процесс: в среднем по 2023 году в опыте с применением препарата Биоккомпозит на поверхностной обработке в вариантах с применением удобрений было выше на 6 %, на отвальной вспашке на 7 %, с применением препарата

Стернифаг при поверхностной обработке на 15 %, на отвальной вспашке на 1 %. Разница в вариантах контроля была при поверхностной обработке – 1 %, при отвальной обработке – 4 %. В среднем в опыте 2024 года при поверхностной обработке эффективность применения удобрений была практически на одном уровне 5-6 % на вариантах с применением препаратов, на контроле 1 %, при отвальной вспашке действие удобрений было эффективнее с использованием препарата Биоккомпозит 7 %, применение препарата Стернифаг не показало превышение над контролем и было 1 % и 3 % соответственно.

Таблица 2

Распад льняной ткани в % за период 30 дней под посевом яровой пшеницы (2023 г.) и гороха (2024 г.)

Варианты (фактор А)	Азот (фактор С)	Поверхностная 10-12 см (фактор В)				Отвальная 20-22 см (фактор В)			
		1 (май-июнь)	2 отбор (июль-август)	3 отбор (сентябрь-октябрь)	Среднее	1 отбор (май-июнь)	2 отбор (июль-август)	3 отбор (сентябрь-октябрь)	Среднее
2023 г									
Контроль	0	30	41	22	31	20	36	10	22
	N20 кг в д.в. на га	30	43	23	32	26	38	14	26
Биокомпозит	0	35	57	25	39	32	45	10	29
	N 20 кг в д.в. на га	40	65	30	45	36	50	22	36
Стернифаг	0	21	41	19	27	24	41	16	27
	N 20 кг в д.в. на га	39	56	31	42	25	42	17	28
НСР05 А 3,44, В 4,21, С 4,21									
2024 г									
Контроль	0	60	86	40	62	55	78	35	56
	N 20 в д.в. на га	61	87	41	63	57	80	40	59
Биокомпозит	0	79	90	68	79	75	84	54	71
	N 20 в д.в. на га	82	93	77	84	78	88	68	78
Стернифаг	0	71	87	49	69	70	81	59	69
	N 20 в д.в. на га	75	89	61	75	74	83	53	70
НСР05 А 1,24, В 1,52, С 1,52									

В вариантах с применением препаратов деструкторов наблюдалось превышение над вариантами контроля данные представлены на рисунках 1 и 2. В 2024 году биогенность под горохом в контрольных вариантах увеличивалась на отвальной вспашке и уменьшалась при поверхностной по сравнению с данными опыта на пшенице в 2023 году.

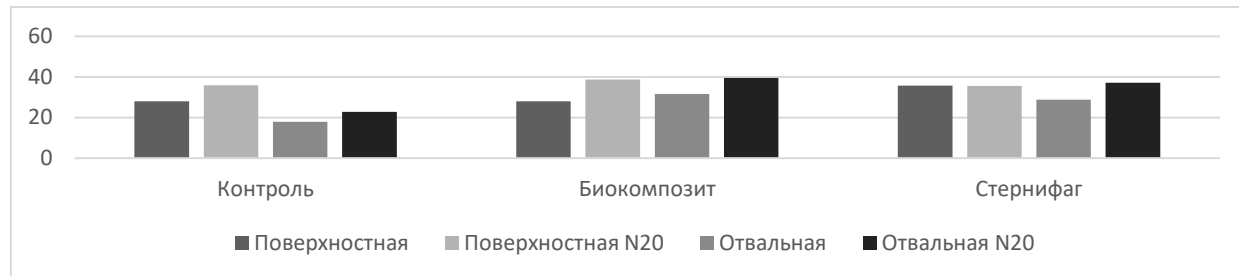


Рис. 1. Биогенность (МПА+КАА) под яровой пшеницей в среднем за 2023 год

В 2023 году общая биогенность под пшеницей характеризовалась наиболее высокими значениями в вариантах с применением микробиологических препаратов. В вариантах с препаратом Биоккомпозит на поверхностной и отвальной обработке почвы с азотом показатели были от 38,69 до 39,47 млн КОЕ/г, без азота от 28 до 31,6 млн КОЕ/г. В вариантах с применением препарата Стернифаг на поверхностной и отвальной обработке почвы с азотом от 35,59 до 37,12 млн КОЕ/г, без азота на отвальной и поверхностной от 28,85 до 35,77 млн КОЕ/г.

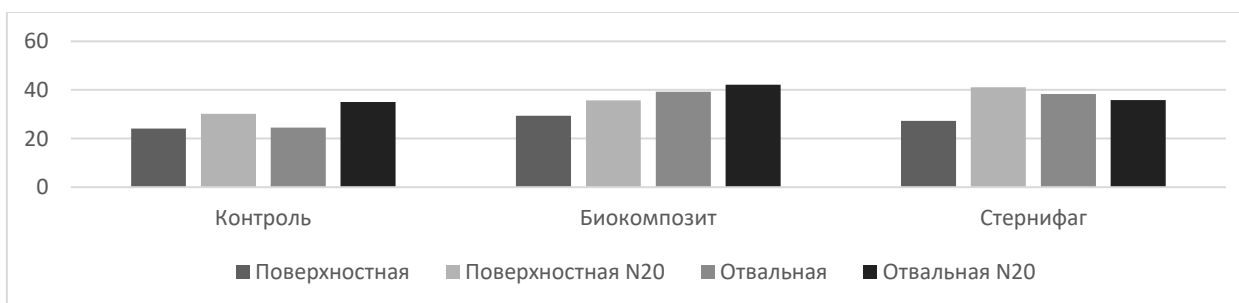


Рис. 2. Биогенность (МПА+КАА) под горохом в среднем за 2024 год

В вариантах с применением микробиологических препаратов наблюдалось превышение над вариантами контроля. В вариантах с препаратом Биокомпозит на поверхностной и отвальной обработке почвы с азотом от 35,76 до 42,11 млн КОЕ/г, без азота от 29,41 до 39,32 млн КОЕ/г.

В вариантах с применением препарата Стернифаг на отвальной и поверхностной обработке почвы с азотом от 35,8 до 41,06 млн КОЕ/г, без азота на отвальной и поверхностной от 27,33 до 38,36 млн КОЕ/г.

Показатели урожайности повышались при применении бактериального препарата как по поверхностной, так и по отвальной вспашке по исследуемым культурам.

С применением препарата на основе гриба Триходерма в условиях засушливого 2023 года на отвальной вспашке без применения аммиачной селитры не было превышения над контрольным вариантом, в варианте с удобрением наблюдалось превышение над контролем. В 2024 году показатели урожайности на отвальной вспашке также уступали контрольным вариантам.

Таблица 3

Урожайность яровой пшеницы (2023) и гороха (2024)
под влиянием микробиологических препаратов и основной обработки почвы

Вариант Препарат (фактор А)	Обработка почвы (фактор В)	Азот (фактор С)	Урожайность яровой пшеницы, т/га (2023г)	Урожайность гороха, т/га (2024г)
Контроль	вспашка	N 20 в д.в. на га	1,04	1,47
		0	0,95	1,44
	поверхностная	N 20 в д.в. на га	0,81	0,95
		0	0,73	1,01
Стернифаг	вспашка	N 20 в д.в. на га	1,09	1,32
		0	0,89	1,30
	поверхностная	N 20 в д.в. на га	0,94	1,20
		0	0,82	1,17
Биокомпозит	вспашка	N 20 в д.в на га	1,25	1,51
		0	1,20	1,46
	поверхностная	N 20 в д.в. на га	1,20	1,42
		0	1,03	1,39
НСР05			0,13	0,11

В условиях проведенного опыта при поверхностной обработке на глубину 10-12 см распад льняного полотна происходил интенсивно по всем изучаемым вариантам в течение всего исследуемого периода.

По всей видимости отвальная вспашка способствовала увеличению численности микроорганизмов по всему пахотному слою, обработка дисковой бороной увеличивала активность микрофлоры только в поверхностном слое почвы, кроме того, накопление растительных остатков при поверхностной обработке в верхнем слое почвы обеспечивало размножение бактерий и усиливало минерализацию органического вещества в почве, что согласуется с данными, полученными Туманян, Тютюма, Чуян, Брескина [13,14].

Заключение. Проведенные исследования по изучению целлюлозолитической активности почвы под яровой пшеницей и горохом показали, что исследования действия препаратов и обработки почвы оказывали влияние на распад льняной ткани.

При поверхностном способе обработки почвы под действием бактериального препарата отмечена сильная и очень сильная интенсивность разложения.

Получено достоверное влияние на целлюлозолитическую активность почвы после применения микробиологических препаратов деструкторов.

Для оптимизации условий произрастания растений, повышения микробиологической активности почвы и ускорения разложения растительных остатков, при высокой культуре земледелия целесообразно проводить поверхностную обработку почвы вслед за уборкой предшествующей культуры в севообороте на глубину 10-12 см совместно с применением микробиологического препарата Биокомпозит в норме расхода 3 л/га с компенсирующей дозой азотного удобрения в количестве 20 кг д.в. на 1 гектар.

Список источников

1. Валько В. П. Сельскому хозяйству – биогеоэкологическую основу // Наука – производству : материалы 2-й Междунар. конф. Гродно, 1998. С. 88-89.
2. Курчевский С. М., Виноградов Д. В. Изменение основных свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы под действием органо-минеральных удобрений и бактериального препарата «Байкал ЭМ-1» // Вестник УО БГСХА. 2013. №4. С. 113-117. EDN: [YLRPBG](#)
3. Щур А. В., Валько В. П., Валько О. В. Агроэкологические особенности применения биологически активных препаратов в условиях радиоактивно загрязненных территорий Республики Беларусь // Исследования, результаты. 2014. №1. С. 205-212. EDN: [ZIUMGX](#)
4. Ермакова О. Д. Результаты мониторинга целлюлозолитической активности бурых горных лесных почв хребта Хамар-Дабан (Южное Прибайкалье) // Экосистемы. 2023. № 34. С. 44-50. EDN: [BPVJKO](#)
5. Киришин В. И. Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель // Почвоведение. 2020. № 7. С. 871-879. DOI: [10.31857/S0032180X20070060](#) EDN: [ZAPDJI](#)
6. Чернов Т. И., Железова А. Д. Динамика микробных сообществ в различных диапазонах времени (обзор) // Почвоведение 2020. №5 С. 590-600. DOI: [10.31857/S0032180X20050044](#) EDN: [DMOCOO](#)
7. Митрофанов Д. В., Максютин Н. А., Скороходов В. Ю. и др. Влияние биологической активности почвы и нитратов на урожайность мягкой яровой пшеницы в севообороте и бессменном посеве на южных черноземах Урала // IOP Conference Series:2021. № 624. DOI: [10.1088/1755-1325/624/1/012013](#)

8. Митрофанов Д. В. Влияние влажности, целлюлозолитической активности почвы и макроэлементов питания на урожайность твердой пшеницы в степной зоне Оренбургской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 1(72). С. 90-100. DOI: [10.53914/issn2071-2243_2022_1_90](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_1_90) EDN: JCGFHM
9. Митрофанов Д. В., Кафтан Ю. В. Влияние целлюлозолитической активности почвы и питательных веществ на урожайность твердой пшеницы в степной зоне Южного Урала // Аграрный научный журнал. 2022; 1: 21-25. DOI: [10.28983/asj.y2022i1pp21-25](https://doi.org/10.28983/asj.y2022i1pp21-25) EDN: AZJXVL
10. Скороходов В. Ю., Зоров А. А., Максюттов Н. А., Митрофанов Д. В., Кафтан Ю. В., Зенкова Н. А. Возделывание яровой твердой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Оренбургского Предуралья // Земледелие. 2022; 1: 19-22. DOI: [10.24412/00443913-2022-1-19-22](https://doi.org/10.24412/00443913-2022-1-19-22) EDN: MOULSX
11. Скороходов В. Ю., Зоров А. А., Максюттов Н. А., Митрофанов Д. В., Кафтан Ю. В., Зенкова Н. А. Продуктивность полевых культур при контурно-буферной организации поля в Оренбургском Зауралье // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2022; 1 (178): 21-30. DOI: [10.36718/1819-4036-2022-1-21-30](https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-1-21-30) EDN: PZHCFK
12. Рeger Н. С., Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л. Особенности формирования продуктивности посевов гороха и овса при применении биостимуляторов в засушливых условиях Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. 2022; 105(1): 171-181. DOI: [10.33284/2658-3135-105-1-171](https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-171) EDN: DMBRUB
13. Туманян А. Ф., Тютюма Н. В. Способ обработки почвы и продуктивность зерновых культур в аридной зоне // Земледелие. 2012. №4. С.25-26. EDN: PBYKMH
14. Чуян Н. А., Брескина Г. М. Влияние приема биологизации на биологическое состояние органического вещества чернозема типичного // Агрохимия. 2020. № 9. С 8-17. DOI: [10.31857/S0002188120090033](https://doi.org/10.31857/S0002188120090033) EDN: XKMGFQ

References

1. Valko, V. P. (1998). Agriculture-biogeocenotic basis. In *Science-production: materials of the 2nd International Conference*. 88-89 (in Russian).
2. Kurchevsky, S. M. & Vinogradov, D. V. (2013). Changes in the main properties of sod-podzolic sandy loam soil under the influence of organomineral fertilizers and the bacterial preparation «Baikal EM-1». *Vestn. UO BGSKhA*. 4. 113-117. (in Russian). EDN: YLRPBG
3. Shchur, A. V., Valko, V. P. & Valko, O. V. (2014). Agroecological features of the use of biologically active preparations in the conditions of radioactively contaminated territories of the Republic of Belarus. *Research results*. 1. 205-212. (in Russian). EDN: ZIUMGX
4. Ermakova, O. D. (2023). Results of monitoring the cellulolytic activity of brown mountain forest soils of the Khamar-Daban ridge (Southern Baikal region). *Ecosystems*. 34. 44-50. (in Russian). EDN: BPVJKO
5. Kiryushin, V. I. (2020). Methodology of comprehensive assessment of agricultural lands. *Soil Science*. 7. 871-879. (in Russian). DOI: [10.31857/S0032180X20070060](https://doi.org/10.31857/S0032180X20070060) EDN: ZAPDJI
6. Chernov, T. I. & Zhelzova, A. D. (2020). Dynamics of microbial communities in different time ranges (review). *Soil Science*. 5 590-600. (in Russian). DOI: [10.31857/S0032180X20050044](https://doi.org/10.31857/S0032180X20050044) EDN: DMOCOO
7. Mitrofanov, D. V., Maksyutov, N. A., Skorokhodov, V. Yu. et al. (2021). The influence of soil biological activity and nitrates on the yield of soft spring wheat in crop rotation and continuous sowing on the southern chernozems of the Urals. *IOP Conference Series*. 624. 012013. (in Russian). DOI: [10.1088/1755-1325/624/1/012013](https://doi.org/10.1088/1755-1325/624/1/012013)
8. Mitrofanov, D. V. (2022). Influence of moisture, cellulolytic activity of soil and macronutrients on the yield of durum wheat in the steppe zone of the Orenburg region. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 15. 1(72). 90-100. (in Russian). DOI: [10.53914/issn2071-2243_2022_1_90](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_1_90) EDN: JCGFHM
9. Mitrofanov, D. V., & Kaftan, Yu. V. (2022). Influence of cellulolytic activity of soil and nutrients on the yield of durum wheat in the steppe zone of the Southern Urals // *Agrarian Scientific Journal*. 2022; 1: 21-25. (in Russian). DOI: [10.28983/asj.y2022i1pp21-25](https://doi.org/10.28983/asj.y2022i1pp21-25) EDN: AZJXVL
10. Skorokhodov, V. Yu., Zorov, A. A., Maksyutov, N. A., Mitrofanov, D. V., Kaftan, Yu. V. & Zenkova, N. A. (2022). Cultivation of spring durum wheat in conditions of unstable moisture in the Orenburg Cis-Urals. *Agriculture*. 1: 19-22. (in Russian). DOI: [10.24412/00443913-2022-1-19-22](https://doi.org/10.24412/00443913-2022-1-19-22) EDN: MOULSX
11. Skorokhodov, V. Yu., Zorov, A. A., Maksyutov, N. A., Mitrofanov, D. V., Kaftan, Yu. V. & Zenkova, N. A. (2022). Productivity of field crops with contour-buffer organization of the field in the Orenburg Trans-Urals. *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*. 1 (178): 21-30. (in Russian). DOI: [10.36718/1819-4036-2022-1-21-30](https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-1-21-30) EDN: PZHCFK
12. Reger, N. S., Besaliev, I. N. & Panfilov, A. L. (2022). Features of the formation of productivity of pea and oat crops when using biostimulants in arid conditions of the Orenburg Cis-Urals. *Animal Husbandry and Forage Production*. 105(1): 171-181. (in Russian). DOI: [10.33284/2658-3135-105-1-171](https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-171) EDN: DMBRUB
13. Tumanyan, A. F. & Tyutyuma, N. V. (2012). Method of soil cultivation and productivity of grain crops in the arid zone. *Agriculture*. 4. 25-26. (in Russian). EDN: PBYKMH
14. Chuyan, N. A. & Breskina, G. M. (2020). The influence of biologization on the biological state of organic matter of typical chernozem. *Agrochemistry*. 9. P 8-17. (in Russian). DOI: [10.31857/S0002188120090033](https://doi.org/10.31857/S0002188120090033) EDN: XKMGFQ

Информация об авторах:

Р. А. Горяев – аспирант;

М. А. Пазин – кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors:

R. A. Goryaev – postgraduate student;

M. A. Pazin – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 17.07.2025; одобрена после рецензирования 23.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.

The article was submitted 17.07.2025; approved after reviewing 23.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ ЯКОРЦЕВ СТЕЛЮЩИХСЯ (TRIBULUS TERRESTRIS L.), В СРЕДНЕВОЛЖСКОМ РЕГИОНЕ

Виталий Николаевич Сетин¹, Александр Николаевич Загорянский², Ирина Александровна Володина^{3✉}, Елена Хамидулловна Нечаева⁴, Наталья Владимировна Васина⁵

^{1, 2} Средне-Волжский филиал ФГБНУ ВИЛАР, Антоновка, Самарская область, Россия

^{3, 4, 5} Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

¹ svf_vilar@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4812-4681>

² zagoryanskiyan@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4971-7788>

³ volodinairina1980@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6877-9284>

⁴ exnechaeva@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5818-8638>

⁵ vasina_nv@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0485-3281>

Резюме. Цель исследований – интродукция якорцев стелющихся в условиях Средневолжской лесостепи. В работе представлены результаты введения в культуру и всестороннего изучения якорцев стелющихся. В 2021-2024 гг. на территории коллекционного питомника Средне-Волжского филиала ФГБНУ ВИЛАР был заложен опыт по изучению лекарственного растения *Tribulus terrestris* L. В Российской Федерации в научной медицине применяется только один вид – *Tribulus terrestris* L. Сырьем для получения лекарственных препаратов в фармакологии является трава – *Tribulus terrestris* herba. На сегодняшний день, сырьевая база якорцев стелющихся пополняется за счет дикорастущих растений и поэтому становится актуальной его интродукция, для обогащения ассортимента ценных лекарственных трав и таким образом обеспечения сырьем за счет посевов, введенных в культуру якорцев стелющихся. В процессе изучения, был зафиксирован самый короткий период вегетации (71 сутки) в 2024 году. Процесс цветения и образования плодов продолжается до наступления заморозков. Этот процесс наблюдался в 2023 году при самом длинном периоде вегетации, который продолжался в течение 132 суток. В связи с биологической особенностью якорцев стелющихся важным показателем при изучении продуктивности является число ветвей первого порядка образовавшихся на одном растении, которое было максимальным (12,5 шт.) в 2022 году у популяции «Китайская», при минимальном диаметре розетки (188,0 см). Минимальным этот показатель был в 2023 году так же у Китайской популяции (7,5 шт.), при самом позднем, за все годы исследований, сроке посева, диаметр розетки составил 191,0 см.

Ключевые слова: якорцы стелющиеся, интродукция, фенология, посев, популяция

Для цитирования: Сетин В. Н., Загорянский А. Н., Володина И. А., Нечаева Е. Х., Васина Н. В. Опыт интродукции якорцев стелющихся (*Tribulus terrestris* L.), в Средневолжском регионе // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 64-68. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-64-68

Original article

THE EXPERIENCE OF THE INTRODUCTION OF CREEPING ANCHORS (TRIBULUS TERRESTRIS L.) IN THE MIDDLE VOLGA REGION

Vitaly N. Setin¹, Alexander N. Zagoryanskiy², Irina A. Volodina^{3✉}, Elena Kh. Nechaeva⁴, Natalia V. Vasina⁵

^{1, 2} Sredne-Volzhsy branch of the VILAR Federal State Budgetary Educational Institution, Antonovka, Samara region, Russia

^{3, 4, 5} Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara Region, Russia

¹ svf_vilar@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4812-4681>

² zagoryanskiyan@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4971-7788>

³ volodinairina1980@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0003-6877-9284>

⁴ exnechaeva@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5818-8638>

⁵ vasina_nv@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0485-3281>

Abstract. The purpose of the research is the introduction of creeping anchors in the conditions of the Middle Volga forest-steppe. The paper presents the results of an introduction to culture and a comprehensive study of creeping anchors. In 2021-2024, an experiment on the study of the medicinal plant *Tribulus terrestris* L. was established on the territory of the collection nursery of the Sredne-Volzhsy branch of the VILAR State Medical University. In the Russian Federation, only one species is used in scientific medicine - *Tribulus terrestris* L. The raw material for the production of medicines in pharmacology is the herb *Tribulus terrestris* herba. Today, the raw material base of creeping anchors is replenished by wild plants and therefore its introduction becomes relevant to enrich the assortment of valuable medicinal herbs and thus provide raw materials through crops introduced into the culture of *Tribulus terrestris* L. During the study, the shortest growing season (71 days) was recorded in 2024. The process of flowering and fruit formation continues until the frost. This process was observed in 2023 during the longest growing season, which lasted for 132 days. Due to the biological peculiarity of creeping anchors, an important indicator in the study of productivity is the number of branches of the first order formed on one plant, which was the maximum (12.5 pcs.) in 2022 in the "Chinese" population, with a minimum diameter of the rosette (188.0 cm). This indicator was minimal in 2023 for the Chinese population (7.5 pcs.), with the latest sowing period for all the years of research, the diameter of the rosette was 191.0 cm.

Keywords: *Tribulus terrestris* L., introduction, phenology, sowing, population

For citation: Setin, V. N., Zagoryansky, A. N., Volodina, I. A., Nechaeva, E. Kh. & Vasina, N. V. (2025). Experience of introduction of creeping anchors (*Tribulus terrestris* L.) in the Middle Volga region. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 64-68. (in Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-64-68

© Сетин В. Н., Загорянский А. Н., Володина И. А., Нечаева Е. Х., Васина Н. В., 2025

Род Якорцы (*Tribulus L.*) из семейства Парнолистниковые (Zygophyllaceae) включает около 20 видов растений. К этому роду относятся травянистые растения с ползучими разветвленными стеблями и парноперистыми листьями, состоящими из 3-10 пар листочков. Прилистники имеют форму от ланцетовидной до шиловидной. Листочки могут быть удлинненно-яйцевидными или эллиптическими. Мелкие цветки, желтые или иногда белые, располагаются поодиночке в пазухах листьев [1]. Родовое наименование *Tribulus* происходит от греческого названия растения «*tribolos*», которое переводится как «шип, зубец», так как у представителей этого рода имеется характерный плод: ценокарпный, сухой, дробный в последствии распадающийся на пять звездчато-расположенных плодиков, снабженных снаружи колючками и шипиками, напоминающих по форме якорь [2, 3], которые, в свою очередь и являются сырьем якорцев стелющихся для получения лекарственных средств в Японии и Индии [4]. Это растение широко распространено в Центральной Азии. Его родина – Северная Африка. Оно является космополитом и встречается на всех континентах, включая Южную Европу, Южную Азию, Северную Африку (Марокко, Алжир, Египет, Ливия, Судан) и северную Австралию, предпочитая сухие песчаные почвы. Также его можно найти в Казахстане, Узбекистане, Таджикистане, Дагестане, Азербайджане, южной части Болгарии, а также в странах Ближнего и Среднего Востока [5].

Глобальные и локальные изменения климата оказывают значительное влияние на сельское хозяйство. Увеличение средних температур и изменение режима осадков приводят к расширению границ возделывания теплолюбивых культур, появляется все больше возможностей интродукции растений, произрастающих в более теплом климате, это касается и лекарственного растения –якорца стелящегося, что открывает новые возможности для аграрного сектора. Однако одновременно с этим возникают и серьезные вызовы, связанные с увеличением засушливости и риска засух на обширных территориях, таких как Поволжье. Эти изменения требуют адаптации технологий ведения сельского хозяйства, внедрения новых устойчивых культур, способных сохранять продуктивность в условиях климата с повышенной засушливостью.

На территории Российской Федерации якорцы произрастают в Европейской части, Северном Кавказе, Западной и Восточной Сибири, Крыму, являясь сорным растением. Растут в сухих, песчаных и каменистых степях на глинисто-иловатых, солончаковых, супесчаных почвах, влажных лугах, по долинам рек, у дорог. В Российской Федерации в научной медицине применяется только один вид – *Tribulus terrestris L.* Сырьем для получения лекарственных препаратов в фармакологии является трава *Tribuli terrestris herba* [4]. На сегодняшний день, сырьевая база якорцев стелющихся пополняется за счет дикорастущих растений и поэтому становится актуальной их интродукция, для обогащения сортимента ценных лекарственных трав и таким образом обеспечения сырьем, за счет введенных в культуру якорцев.

Цель исследований: интродукция якорцев стелющихся в условиях Средневолжской лесостепи.

Задачи исследований. Изучить возможность интродукции якорцев стелющихся, как однолетнего лекарственного растения, провести фенологические наблюдения и биометрические учеты растений в период вегетации.

Материал и методы исследований. Изучали в Средне-Волжском филиале ФГБНУ ВИЛАР муниципального образования в Сергиевском районе Самарской области поселке Антоновка по схеме опыта: 1-й – российская популяция; 2-й – китайская популяция.

Объектом исследований послужили две популяции якорцев стелющихся – однолетнего лекарственного растения в 4-х повторностях. Варианты опыта представлены на рисунке 1.

Посев якорцев на коллекционном питомнике проведён 20 апреля 2021 года; 4 мая 2022 года; 13 апреля (пересев 9 июня) 2023 года; 2021 года; на площади 50 м², глубина заделки семян 3-4 см, норма высева – 9,0 кг/га. Семенным материалом служили целые, ценокарпные плоды. Посев проведён широкорядным способом, с междурядьями 45 см.

Почва опытного участка – чернозем типичный, среднегумусный, среднемощный, тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 5,9 %, нейтральная реакция среды (рН_{N₂O} – 6,8). Сумма поглощенных оснований от 60 до 62 мг-экв/100 г почвы. Площадь делянок – 50 м². Фенологические наблюдения проводились по методике И. Н. Бейдемана (1974).



Рис. 1. Якорцы стелющиеся, участок интродукции (слева): Китайская и Российская популяция (справа)

Автор фотографии В. Н. Сетин

Результаты исследований. Якорцы стелющиеся, относятся к ранним яровым растениям, поэтому все фазы роста и развития от начала всходов до единичного цветения происходят достаточно динамично, при этом период вегетации, может быть весьма растянут по времени. Тем не менее, созревание семян происходит до наступления заморозков в нашей широте, а сбор сырья производится в период массового цветения-начала созревания плодов (конец июля-начало августа).

По имеющимся литературным данным, цветение происходит с мая по июнь, а вблизи северной границы ареала – с июля. Плоды начинают созревать через 1-2 недели после начала цветения. Эти сведения были подтверждены при практическом изучении этой культуры в научном центре Средне-Волжского филиала ФГБНУ ВИЛАР.

За четыре года изучения этой ценной лекарственной травы сроки проведения посева сильно различались и зависели от наступления физической готовности почвы. Климатическая весна в 2021 году наступила раньше, чем в остальные годы эксперимента, и посев был приведен в максимально ранний срок – 20 апреля. В 2022 и 2024 годах якорцы были посеяны в обычные для области сроки – 4 и 3 мая, так как метеорологическая весна не была ранней. А в 2023 году посев проводился в поздние сроки – 9 июня и считается летним (табл. 1).

Таблица 1

Фенологические наблюдения за (*Tribulus L.*) в 2021-2024 гг.

Вариант опыта	Фенологический календарь наблюдений	Год / Дата			
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
1-й – российская популяция 2-й – китайская популяция	Дата посева	20 апреля	4 мая	9 июня	3 мая
	Всходы:				
	- единичные	20 мая	3 июня	15 июня	5 июня
	- массовые	31 мая	8 июня	19 июня	10 июня
	Цветение:				
	- единичное	7 июня	27 июня	10 июля	17 июня
	- массовое	14 июня	12 июля	19 июля	22 июня
	Образование семян:				
	- единичное	24 июня	8 июля	24 июля	24 июня
	- массовое	30 июня	13 июля	4 августа	5 августа
	Созревание семян:				
	- единичное	12 июля	26 августа	25 сентября	7 августа
	- массовое	30 августа	15 сентября	25 октября	15 августа
	Вегетационный период, сутки	102	104	132	71

За 3 года исследований из четырех, время на прорастание от посева до первых всходов у якорцев уходило в среднем по 30 суток и только 2023 год был исключением, так как всходы появились через неделю после посева питомника (первый посев проведен 13 апреля – в максимально ранний срок) после обильного ливневого дождя 11 июня. Это можно объяснить физиологией естественного, привычного ареала обитания якорцев стелящихся, которые предпочитают полузасушливые климатические зоны, а температура прорастания семян оптимальна в диапазоне 20-35 °С. Самарская область занимает центральную часть Среднего Поволжья и расположена в пределах двух природно-климатических зон – лесостепной и степной. Территория Среднего Поволжья характеризуется умеренно-континентальным типом климата средних широт с теплым стабильно жарким летом и сравнительно холодной морозной и многоснежной зимой [8, 9, 10, 11, 12] и такие условия здесь устанавливаются как раз в конце мая-начале июня. Кроме того, территория Среднего Поволжья подвержена воздействию засух, которые характерны для большинства мест обитания якорцев стелящихся, что может облегчить их интродукцию.

Н. В. Фокин в своей работе отмечает отдельные особенности развития якорцев стелящихся, при которых растение одновременно вегетирует, цветет и плодоносит [6]. Наши исследования также подтверждают эти особенности изучаемого лекарственного растения. Также отмечен быстрый переход растений от всходов к появлению единичного цветения и буквально через 7-10 суток отмечалось полное цветение. Самый короткий период вегетации зафиксирован в 2024 году и составил 71 сутки. Процесс цветения и образования плодов продолжается до наступления заморозков. Этот процесс наблюдался в 2023 году при самом длинном периоде вегетации, который продолжался в течение 132 суток при максимально позднем посеве за все годы изучения (9 июня). В естественных, для якорцев условиях произрастания, после перезимовки семена начинают прорастать с апреля. Для их успешного прорастания требуется период покоя от 6 месяцев до 1 года, так как свежие, даже вызревшие семена сразу не прорастают [13].

Основным фактором, лимитирующими успешное произрастание лекарственных растений являются частые засухи в весенний и летний периоды, а также жаркая сухая погода, приводящая к нарушению процесса микро- и макрогамогенеза в период цветения и образования семян [14, 15]. Якорцы стелящиеся происходят из северной части пустыни Сахара в Африке, а также распространены в регионах Средиземноморья и южной Европы. Якорцы стелящиеся – однолетнее травянистое растение, до недавнего времени редко встречавшееся в лесостепной зоне, в основном как заносное растение. Несмотря на то, что без окультуризации якорцы, стелящиеся являются засорителями овощных культур, его ценные лекарственные свойства неоспоримы. Якорцы стелящиеся также известны под названием «якорцы земляные», так как в естественных условиях роста и развития они способны образовывать ковры диаметром до 5 метров. В условиях интродукции Среднего Поволжья диаметр розетки изучался, как один из наиболее важных показателей продуктивности. Диаметр розеток внедряемых популяций: «Российская» и «Китайская» был меньше и достигал максимум 2,5-2,6 метра в 2021 году. Наименьший диаметр розетки отмечен в 2022 году у популяции «Китайская» – 1,88 м и в 2024 году у популяции «Российская» – 1,85 м. В среднем за 4 года исследований диаметр розеток составил 2,14 м у Российской популяции и 2,08 метра у Китайской. Данные приведены в таблице 2.

Биологической особенностью якорцев стелящихся является наличие укороченного стебля, от которого развиваются ветви первого порядка, распространяющиеся в стороны по кругу и формирующие в процессе роста так называемую «розетку». В связи с этой особенностью важным показателем при изучении якорцев стелящихся является число этих ветвей, образовавшихся на одном растении и максимальным (12,5 шт.) оно было в 2022 году у популяции «Китайская», при минимальном диаметре розетки (188,0 см). Минимальным этот показатель был в 2023 году так же у Китайской популяции (7,5 шт.), при самом позднем, за все годы исследований, сроке посева, диаметр розетки составил 191,0 см.

Таблица 2

Общая характеристика растений якорцев стелющихся. Средне-Волжский филиал, 2021-2024 гг.

Популяция	Число ветвей на одном растении, шт.	Диаметр розетки, см	Вес, г		Урожайность сухого сырья		Год
			свежего сырья	плодов	т/га	НСП ₀₅	
Российская	11,0	260,0	540,7	16,3	9,62	0,27	2021
Китайская	11,5	250,0	517,5	23,0	10,0	0,31	
Российская	11,8	214,3	230,0	6,2	0,25	0,02	2022
Китайская	12,5	188,0	508,8	34,4	0,83	0,07	
Российская	9,2	196,0	228,0	12,2	2,81	0,4	2023
Китайская	7,5	191,0	219,0	11,9	2,62	0,7	
Российская	8,8	185,0	156,5	17,0	0,98	0,08	2024
Китайская	8,6	201,0	222,9	26,1	1,45	0,12	
Российская	10,2	213,8	288,8	12,91	3,42	0,19	2021-2024
Китайская	10,0	207,5	367,0	23,86	3,73	0,31	

Трава якорцев используется в качестве сырья для изготовления лекарственных средств, например, таких как комбинированный препарат «Трибестан», который оказывает терапевтическое воздействие при эрективных дисфункциях [16]. В связи с этим при интродукции этого лекарственного растения необходимо учитывать урожайность сырья в наших условиях произрастания. Учеными Средне-Волжского филиала была изучена масса как сырого (г/с растения), так и высушенного сырья (в т/га). В разные годы она варьировала от 540 до 156 г, установлена средняя урожайность за 4 года исследований в различных погодно-климатических сложившихся условиях. Наибольший урожай как сырого, так и сухого сырья был получен в 2021 году. Самым не урожайным оказался 2022 год, но при этом с максимальным выходом плодов (34,4 г). В медицине используются как трава, так и плоды, поэтому содержание плодов структуре урожая так же важный показатель. К тому же плоды якорцев используются для их дальнейшего размножения и для успешной интродукции целесообразно использовать семенной материал с растений, показавших хорошие результаты в нашем регионе. Урожайность воздушно-сухого сырья колебалась в пределах 0,25-10 т/га.

Ареал распространения якорцев стелющихся весьма широк, но для облегчения массовой заготовки лекарственного сырья, необходима интродукция этого целебного растения.

Заключение. За четырехлетний период изучения можно сделать некоторые выводы относительно возможности интродукции якорцев стелющихся для получения лекарственного сырья в виде травы: в условиях Среднего Поволжья якорцы способны формировать достаточно продуктивные розетки с обильным числом ветвей на одном растении. В отдельные годы плодов образуется приблизительно к естественным ареалам обитания (28,7 г) от 6 до 34 г.

В наших условиях необходимо скорректировать сроки посева семян, не стоит торопиться с высевом якорцев, а следует дожидаться прогревания почвы до оптимальных для их прорастания температур (20-35 °С). Учитывая биологические особенности периода покоя и прорастания семян, следует рассмотреть более длительное их хранение.

Список источников

1. Абдулкарим Аффуф, Гилева А. А., Блинова О. Л., Белоногова В. Д., Турышев А. Ю. Разработка методики количественного определения суммы флавоноидов в траве якорцев стелющихся // Фармация. 2020. 69 (1): 17-22. DOI: [10.29296/25419218-2020-01-03](https://doi.org/10.29296/25419218-2020-01-03) EDN: [MQEMU](https://www.mqemu.ru)
2. Кароматов И. Д., Жумаева Х. Х. Якорцы стелющиеся – применение при нарушениях в сексуальной сфере // Биология и интегративная медицина. 2019. №3(31). С. 136-151. EDN: [HEZHNV](https://www.hezhnh.ru)
3. Сетин В. Н., Никифорова О. И., Загорянский А. Н., Ревякина К. А. Якорцы стелющиеся – перспективный вид растения для возделывания в условиях Среднего Поволжья // Флагман науки. 2022. №8(20). С. 61-65.
4. Быков В. А., Сокольская Т. А., Зайко Л. Н. Атлас лекарственных растений России / Под общей ред. В. А. Быкова. М. : ВИЛАР, 2006. С. 344-345. ISBN: 5-87019-067-3 EDN: [TNWTLF](https://www.tnwtlp.ru)
5. Умарова Г. К. Липиды травы якорцев стелющихся, произрастающих в Узбекистане // Фармация. 2015. №6. С. 19-21. EDN: [UIBQEP](https://www.uibqep.ru)
6. Фокин Н. В., Пластинина Т. Ю. Эколого-биологическая характеристика якорцев стелющихся (*Tribulusterrestris*) // Актуальные проблемы биологии, химии, географии и технологии : материалы I Всероссийской молодежной научной конференции (с элементами научной школы). Саранск, 2023. EDN: [RZYHKF](https://www.rzyhkf.ru)
7. Голчук Е. Н. Трибестан в комплексной терапии воспалительных заболеваний органов малого таза у женщин // Здоровье женщины. 2014. № 3 (89). С. 8. EDN: [SZNRHJ](https://www.sznrhj.ru)
8. Курьянович А. А., Володина И. А. Возможность интродукции и селекции Маша- (*vigna radiata* (L.) wilczek) в Среднем Поволжье // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 20, № 2(2). 2018. С. 408-414. EDN: [YLHPWH](https://www.ylhpwh.ru)
9. Корчагин В. А., Горянин О. И. Основные тенденции изменения агрометеорологических показателей погодных условий в Среднем Заволжье за последние 100 лет (1904-2004). Самара, 2005. 76 с. EDN: [WMUVDG](https://www.wmuvgd.ru)
10. Жарова В. С. Изменения климата на примере Самарской области // В мире научных открытий : сборник научных трудов. Ульяновск : Ульяновский государственный аграрный университет, 2021. С. 302-306. EDN: [ZZPRWK](https://www.zzprwk.ru)
11. Suetin V. N., Nechaeva E. Kh., Nikiforova O. I. [et al.]. Increasing the resistance of the drug calendula to abiotic environmental factors // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021. P. 12105. DOI: [10.1088/1755-1315/848/1/012105](https://doi.org/10.1088/1755-1315/848/1/012105) EDN: [STNWYX](https://www.stnwyx.ru)
12. Аникина, А. Ю., Басалаева, И. В., Бушковская, Л. М., Быкова, О. А., Грязнов, М. Ю., Загуменников, В. Б., Цицилин, А. Н. Лекарственные и эфирномасличные культуры: особенности возделывания на территории Российской Федерации. М. : Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, 2021. 256 с. EDN: [QLSTZJ](https://www.qlstzj.ru)
13. Атлас лекарственных растений России. 2021. М. : Наука, 646 с. EDN: [DQVIKR](https://www.dqvikr.ru)

14. Dickinson R., Royer F. Weeds of North America. The University of Chicago Press. 2014. DOI: [10.7208/chicago/9780226076584.001.0001](https://doi.org/10.7208/chicago/9780226076584.001.0001)
15. Сетин, В. Н., Нечаева, Е. Х., Никифорова, О. И. [и др.]. Повышение устойчивости календулы лекарственной к абиотическим факторам окружающей среды // Серия конференций ВГД: Наука о Земле и окружающей среде. 2021. С. 12105. DOI: [10.1088/1755-1315/848/1/012105](https://doi.org/10.1088/1755-1315/848/1/012105) EDN: STNWWYX
16. Данилов А. О. Использование адаптогенов в медицинской практике // МС. 2017. №13. С.134-136. DOI: [10.21518/2079-701X-2017-13-134-136](https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-13-134-136) EDN: ZHRLOP

References

1. Abdulkarim, Affuf, Gileva A.A., Blinova O.L., Belonogova V.D. & Turyshv A.Yu. (2020). Development of a methodology for the quantitative-determination of the amount of flavonoids in the grass of creeping anchovies. *Pharmacy*, 69 (1): 17-22. (in Russian). DOI: [10.29296/25419218-2020-01-03](https://doi.org/10.29296/25419218-2020-01-03) EDN: MQEEMU
2. Karomatov, N. D. & Zhumaeva S. H. (2019). The creeping bark is an electronic scientific journal of reception, the sphere of application of sexual medicine. *Non-integrative Biology and Medicine*. 3 (31). 136-151 (in Russian). EDN: HEZHVV
3. Setin, V. N., Nikiforova, O. I., Zagoryansky, A. N., & Revyakina, K. A. (2022). Creeping anchors are a promising plant species for cultivation in the Middle Volga region. *Flagship of Science*. 8 (20). 61-65. 251. (in Russian).
4. Bykov, V. A., Sokolskaya, T. A., & Zayko, L. N. (2006). Atlas of Medicinal Plants of Russia / Under the general editorship of V. A. Bykov. (in Russian). ISBN: 5-87019-067-3 EDN: TNWTLF
5. Umarova, G. K. (2015). Yakov herbs and Lipi Salik, Uzbekistan. *Pharmacy*. 6. 19-21 (in Russian). EDN: UIBQEP
6. Fokinyan, N. V. & Plastinina, T. Y. (2023). Ecological and gorky characteristics of biological Salic (Tribulusterrestris). *Actual problems of biology, chemistry, technology and geography: collection of scientific papers*. (in Russian). EDN: RZYHKF
7. Gopchuk, E. N. (2014). Organova oil of questionable complex therapy of diseases of three hundred V. urlik women healthy. *Women's health*. 3 (89), 8. (in Russian). EDN: SZNRHJ
8. Kuryanovich, A. A., & Volodina, I. A. (2018). The possibility of introduction and selection of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) in the Middle Volga region. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossiyskoy akademii nauk*, 20(2-2), 408-414. (in Russian). EDN: YLHPWH
9. Korchagin, V. A., & Goryanin, O. I. (2005). Main trends in the change of agrometeorological indicators of weather conditions in the Middle Volga region over the past 100 years (1904-2004). (in Russian). EDN: WMUVGD
10. Zharova, V. S. (2021). On the example of the Samara climatic change region. *Scientific discovery in the world : collection of scientific reports*, 302-306 (in Russian). EDN: ZZPRWK
11. Suetin, V. N., Nechaeva, E. K., Nikiforova, O. I., Zagoryansky, A. N., & Stepanova, Y. V. (2021). Increasing the resistance of the drug calendula to abiotic environmental factors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. (Vol. 848, No. 1, p. 012105). IOP Publishing. DOI: [10.1088/1755-1315/848/1/012105](https://doi.org/10.1088/1755-1315/848/1/012105) EDN: STNWWYX
12. Anikina, A. Yu., Basalaeva, I. V., Bushkovskaya, L. M., Bykova, O. A., Gryaznov, M. Yu., Zagumennikov, V. B., & Tsitsilin, A. N. (2021). Medicinal and Essential Oil Crops: Cultivation Features in the Russian Federation. (in Russian). EDN: QLSTZJ
13. Atlas of medicinal plants of Russia. (2021). Moscow : Federal State Unitary Enterprise "Academic Scientific Publishing, production and printing Book Distribution Center "Nauka". (p. 646). (in Russian). EDN: DQVIKR
14. Dickinson, R. & Royer F. (2014). Weeds of North America. *The University of Chicago Press*. DOI: [10.7208/chicago/9780226076584.001.0001](https://doi.org/10.7208/chicago/9780226076584.001.0001)
15. Suetin, V. N., Nechaeva, E. Kh. & Nikiforova, O. I. et al. (2021). Increasing the resistance of the drug calendula to abiotic environmental factors // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, 17–18 июня 2021 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. 12105. (in Russian). DOI: [10.1088/1755-1315/848/1/012105](https://doi.org/10.1088/1755-1315/848/1/012105) EDN: STNWWYX
16. Danilov, A.O. (2017). The use of adaptogens in medical practice. *MS*. 13. (pp.134-136). (in Russian). DOI: [10.21518/2079-701X-2017-13-134-136](https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-13-134-136) EDN: ZHRLOP

Информация об авторах

И. А. Володина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
 Е. Х. Нечаева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
 Н. В. Васина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
 В. Н. Сетин – научный сотрудник;
 А. Н. Загорянский – научный сотрудник.

Information about the authors:

I. A. Volodina – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
 E. H. Nechaeva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
 N. V. Vasina – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
 V. N. Setin – Research Associate;
 A. N. Zagoryansky – Research Associate.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 9.08.2025; одобрена после рецензирования 18.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.
 The article was submitted 9.08.2025; approved after reviewing 18.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 664.769

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-69-74

ОБОСНОВАНИЕ ТЕРМОВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ АГРЕГАТА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**Анатолий Алексеевич Курочкин**✉

Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

anatolii_kuro@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3824-4364>

Резюме. Цель исследований – теоретическое обоснование повышения эффективности термовакуумной системы агрегата для экструзии растительного сырья. Перспективным направлением модернизации оборудования, применяемого для термопластической обработки сырья растительного происхождения, является дополнительное воздействие на него пониженным давлением в момент выхода из фильеры машины. Такая технология существенно меняет механизм формирования капиллярно-пористой структуры экструдатов, а также интенсивность и глубину их обезвоживания, что позволяет в определенной степени устранить противоречие, заложенное в основе классической экструзии, реализуемой с помощью одношнековых экструдеров. Технология экструзии, получившая название «термовакuumной», позволяет снизить энергозатраты на обработку сырья за счет снижения температуры рабочего процесса экструдера, а также частичной регенерации тепловой энергии при его осуществлении. На основе современных представлений о недостатках и возможных путях совершенствования одношнековых экструдеров предложен агрегат для энергоэффективной термовакуумной обработки растительного сырья. В его конструктивно-технологической схеме реализованы технические решения, позволяющие решать проблемы, связанные с переработкой растительного сырья с повышенной влажностью путем предварительного снижения влаги в обрабатываемом сырье, а также регулирования интенсивности обезвоживания готового продукта. Рассмотрены условия для регенерации теплоты, затраченной на реализацию рабочего процесса машины и повышение энергоэффективности агрегата в целом. Проведенные исследования позволили получить аналитические выражения, с помощью которых можно определить расход воздуха, впускаемого в камеры предварительной и заключительной обработки сырья агрегата и определить параметры системы, обеспечивающей термовакуумный эффект процесса экструдирования. Полученные результаты могут быть полезны и учтены в процессе последующих теоретических исследований термовакуумных экструдеров и позволят на их основе повысить эффективность работы машин, осуществляющих экструзию сырья растительного происхождения на кормовые и пищевые цели.

Ключевые слова: агрегат, растительное сырье, экструдер, термовакуумная система, водяной пар, камера, объемный расход

Для цитирования: Курочкин А. А. Обоснование термовакуумной системы агрегата для переработки растительного сырья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. Т. 10, № 4. С. 69-74. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-69-74

Original article

JUSTIFICATION OF THE THERMOVACUUM SYSTEM OF THE UNIT FOR PROCESSING PLANT RAW MATERIALS**Anatoly A. Kurochkin**✉

Penza State Technological University, Penza, Russia

anatolii_kuro@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3824-4364>

Abstract. The purpose of the research is to provide a theoretical basis for improving the efficiency of the thermovacuum system of the plant raw material extrusion unit. An innovative approach to upgrading the equipment used for thermoplastic processing of plant raw materials involves applying reduced pressure to the raw material as it exits the machine's die. This technology significantly alters the formation of the capillary-porous structure of the extrudates, as well as the intensity and depth of their dehydration, thereby addressing the inherent limitations of classical single-screw extrusion. The extrusion technology, known as thermovacuum extrusion, reduces energy consumption by lowering the temperature of the extruder process and partially regenerating the heat energy during the process. Based on modern ideas about the disadvantages and possible ways to improve single-screw extruders, a unit for energy-efficient thermovacuum processing of plant raw materials has been proposed. Its design and technological scheme include technical solutions that allow solving problems related to the processing of plant raw materials with high moisture content by pre-reducing the moisture content of the processed raw materials, as well as regulating the intensity of dehydration of the finished product. The article also discusses the conditions for regenerating the heat used in the machine's working process and improving the energy efficiency of the unit as a whole. The conducted research made it possible to obtain analytical expressions, with the help of which it is possible to determine the air flow rate, admitted into the chambers of the preliminary and final processing of raw materials of the unit and to determine the parameters of the system, providing the thermovacuum effect of the extrusion process. The results obtained can be useful and taken into account in the process of subsequent theoretical studies of thermovacuum extruders and will allow, on their basis, to increase the efficiency of machines, carrying out the extrusion of plant raw materials for fodder and food purposes.

Keywords: unit, vegetable raw materials, extruder, thermovacuum system, water vapor, chamber, volumetric flow rate.

For citation: Kurochkin, A. A. (2025). Justification of the thermovacuum system of the unit for processing plant raw materials. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 69-74. (In Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-69-74

Современный уровень развития термопластической экструзии сельскохозяйственного сырья позволяет прогнозировать поведение практически всех значимых для питания животных макро- и микронутриентов и на основе этой информации назначать рациональные рабочие параметры для тех или иных типов экструдеров. С этой точки зрения рекомендации по обоснованию параметров экструзионной обработки растительного сырья сводятся к следующему принципу: критические потери полезных свойств большинства ингредиентов сырья наблюдаются при его «сухой» экструзии и нагреве до температуры выше 100°C. Такие параметры характерны для рабочего процесса относительно недорогих по стоимости и эксплуатации одношнековых автогенных экструдеров [1, 6, 9, 10].

При этом технология получения более качественных по своему составу кормов предполагает мягкий режим «влажной» экструзии с применением дорогостоящих двухшнековых экструдеров и последующей дополнительной обработкой готового продукта с помощью сушилок. Затраты на производство таких кормов делают экономически не выгодным применение экструдатов в кормлении животных и стимулируют ученых и конструкторов работать над совершенствованием технологии и средств механизации в этой части индустрии кормоприготовления.

Одним из перспективных направлений модернизации экструдеров, используемых для приготовления кормов, является применение принципа термовакуумного воздействия на экструдированное сырье при выходе его из фильеры машины. По этому способу экструзия может осуществляться при высоком содержании влаги, умеренных температурах и относительно мягких условиях механических напряжений (сдвига) обрабатываемого сырья. Такие рабочие параметры экструзионного процесса весьма выгодны с позиции сохранения термо- и механически чувствительных компонентов сырья. Совершенствование экструдеров в этом направлении связано, как минимум, с решением следующих проблем, сопряженных с практикой применения одношнековых машин для получения высококачественных кормов:

1. Возможность снижения рабочей температуры процесса до значений, обеспечивающих относительно мягкий режим обработки термолабильных ингредиентов сырья.
2. Создание условий для регенерации теплоты, затраченной на реализацию рабочего процесса машины и повышение энергоэффективности экструдера в целом.
3. Эффективное и достаточно простое регулирование обезвоживания экструдата, позволяющее отказаться от энергетически затратного процесса досушивания готового продукта.

Цель исследования: теоретическое обоснование повышения эффективности термовакуумной системы агрегата для экструзии растительного сырья.

Задачи исследования: получение аналитических зависимостей, позволяющих оценить работу термовакуумной системы агрегата для экструзии растительного сырья.

Материалы и методы исследований основаны на термодинамических характеристиках водяного пара, а также уравнении баланса массы обрабатываемого сырья, находящегося в тракте агрегата для термовакуумной экструзии растительного сырья.

Результаты исследований.

Результаты ранее выполненных теоретических и экспериментальных исследований позволили обосновать и предложить новое техническое решение агрегата для термовакуумной обработки растительного сырья, обеспечивающего повышение энергоэффективности и упрощение его технологических регулировок – влажности обрабатываемого сырья и готового продукта [2, 4, 5, 7, 8].

Конструктивно-технологическая схема предлагаемого агрегата [3] включает в свой состав одношнековый экструдер, газовый эжектор, вентилятор, воздушные ТЭНы, смеситель, измельчитель и дозаторы (рис. 1).

Экструдер состоит из загрузочной камеры 1, корпуса 2, шнека 3, фильеры матрицы 4, режущего устройства (на чертеже позицией не обозначено), камеры предварительного термовакуумного воздействия 5, камеры заключительного термовакуумного воздействия 16, двух шлюзовых затворов 15 и 18, вакуумного насоса 10, вакуум-метра 11, вакуум-регулятора 12 и вакуум-баллона 13.

Камера предварительного термовакуумного воздействия 5 расположена соосно корпусу 2 экструдера и соединена трубопроводом 6 с патрубком пассивного потока газового эжектора 8. Для впуска воздуха в камеру предусмотрен воздушный кран 19.

Камера заключительного термовакуумного воздействия 16 расположена последовательно камере 5 и ограничена с обеих сторон шлюзовыми затворами 18 и 15. С помощью трубопровода 14 камера соединена с вакуум-баллоном 13, а впуск воздуха в нее осуществляется посредством крана 17.

Активная (эжектирующая) линия газового эжектора соединяется трубопроводом 9 с выходным патрубком вакуумного насоса 10, посредством которого откачивается водяной пар из камеры заключительного термовакуумного воздействия. Более интенсивному удалению пара способствует впуск в камеру воздуха с помощью крана 17.

Камеры предварительного и заключительного термовакуумного воздействия, а также трубопроводы, соединяющие составные части агрегата с газовым эжектором, вентилятором, смесителем, вакуум-баллоном и вакуумным насосом, с внешней стороны покрыты теплоизоляционным материалом.

В верхней части экструдера смонтированы вентилятор 20, воздушные ТЭНы 21 и бункерный смеситель 23 с перфорированным дном 22. С газовым эжектором и между собой они соединены трубопроводами. Над смесителем расположен измельчитель 24, оснащенный двумя дозаторами сырья 25.

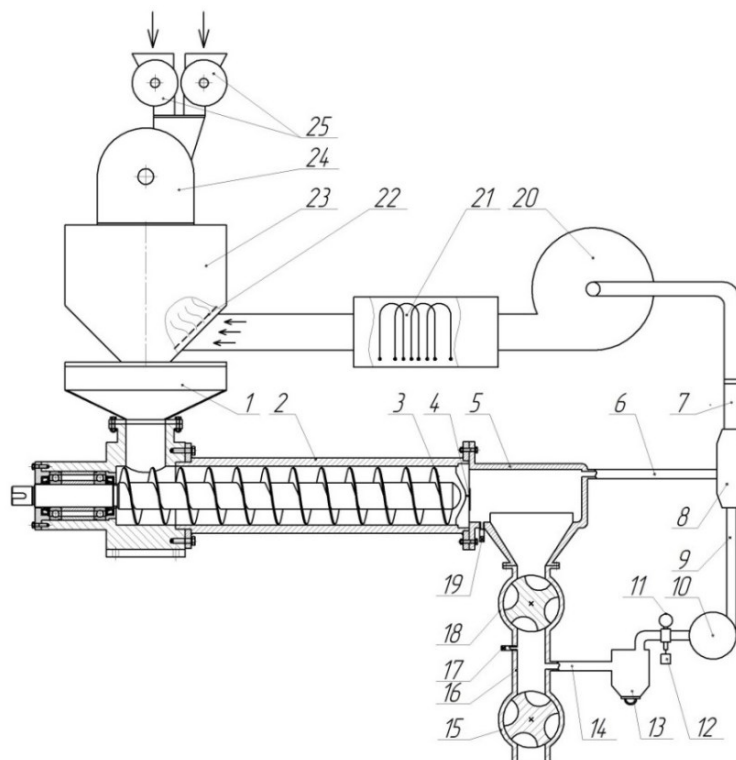


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема агрегата для термовакуумной обработки растительного сырья:
 1 – загрузочная камера; 2 – корпус экструдера; 3 – шнек; 4 – фильера матрицы; 5 – камера предварительного термовакуумного воздействия;
 6, 9, 14 – трубопроводы; 7 – фильера; 8 – газовый эжектор; 10 – вакуумный насос; 11 – вакуум-метр; 12 – вакуум-регулятор; 13 – вакуум-баллон;
 15, 18 – шлюзовые затворы; 16 – камера заключительного термовакуумного воздействия; 17, 19 – воздушные краны; 20 – вентилятор; 21 – ТЭНы;
 22 – перфорированная стенка; 23 – бункерный смеситель; 24 – измельчитель; 25 – дозаторы

Рабочий процесс агрегата можно представить в виде схемы функционирования его систем (рис. 2), которая позволит сформулировать требования и методологию необходимых расчетов в процессе обоснования рабочего процесса его термовакуумной системы.

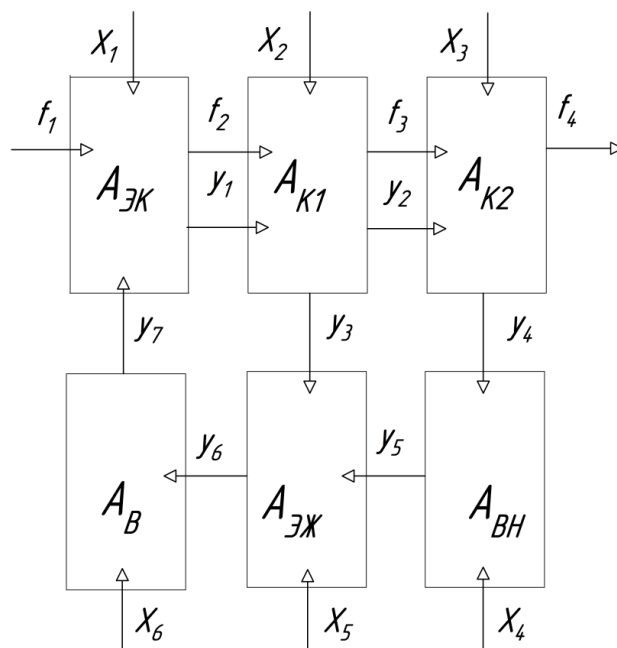


Рис. 2. Схема функционирования систем агрегата:

$A_{ЭК}$ – экструдер; $A_{К1}$ – камера предварительного термовакуумного воздействия; $A_{К2}$ – камера заключительного термовакуумного воздействия; $A_{ЭЖ}$ – газовый эжектор; $A_{ВН}$ – вакуумный насос; $A_{В}$ – вентилятор; f_1, f_2, f_3, f_4 – обобщенные показатели, характеризующие сырье, поступающее на переработку и готовый продукт на выходе из машины; $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$ – обобщенные значения внутренних факторов соответствующих систем; $y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7$ – обобщенные значения результирующих факторов систем агрегата

Анализ схемы показывает, что основными оценочными критериями работы агрегата являются обобщенные значения результирующих факторов каждой из его систем – $y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7$

Основными внешними воздействиями (входными факторами), оказывающими влияние на работу агрегата, являются обобщенные статистические показатели, характеризующие свойства сырья и готового продукта (f_1, f_2, f_3, f_4).

На значения оценочных критериев оказывают влияние факторы, обусловленные внутренней структурой и параметрами агрегата – X_1, X_2, X_3 .

Конечной целью системного анализа обычно является определение оптимальных, либо рациональных значений факторов $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$ с целью доведения показателя f_4 до оптимального (рационального) значения.

В системе «Экструдер» ($A_{эж}$) обрабатываемое сырье с помощью дозаторов 25 (рис. 1) подается в измельчитель 24, после чего поступает в смеситель 23.

В процессе перемешивания сырье подогревается путем подачи через перфорированное дно 22 горячего пара с той или иной влажностью, а затем поступает в загрузочную камеру 1 экструдера. Захваченное шнеком 3 оно последовательно проходит зоны прессования и дозирования машины, нагреваясь до температуры 120-130°C, а затем выводится через фильеру матрицы 4 в камеру предварительного термовакuumного воздействия 5. При выходе из фильеры матрицы экструдат с помощью режущего устройства разрезается на частицы с заданной длиной.

В системе «Камера предварительного термовакuumного воздействия» ($A_{к1}$) обрабатываемое сырье подвергается декомпрессионному взрыву, который представляет собой мгновенный переход воды из жидкого состояния в парообразное. Испарение жидкости с поверхности экструдата понижает его температуру примерно на 20°C. С целью интенсификации отвода влажного пара от поверхности экструдата в камеру предварительного термовакuumного воздействия с помощью воздушного крана 19 подается некоторый объем воздуха. В зависимости от интенсивности поступающего в камеру горячего пара и воздуха, а также удаляемой из камеры воздушной смеси, в камере предварительного термовакuumного воздействия 5 будет атмосферное давление или небольшое разрежение (вакуум).

В системе «Газовый эжектор» ($A_{эж}$) образующийся горячий пар по трубопроводу 7 подается к вентилятору.

В системе «Камера заключительного термовакuumного воздействия» ($A_{к2}$) за счет вакуумного насоса 10 поддерживается более низкое рабочее давление (вакуум), чем в камере предварительного термовакuumного воздействия. Величины этого давления (вакуума) достаточно для того, чтобы экструдат с температурой примерно 100-110°C снова подвергся декомпрессионному взрыву, и часть оставшейся жидкости в продукте вскипела и выделилась из него в виде пара. Образующейся пар удаляется за пределы камеры 16 в вакуум-баллон 13.

Система «Вакуумный насос» ($A_{вн}$) служит для создания в камере заключительного термовакuumного воздействия пониженного давления (давления ниже атмосферного). При этом величина вакуума в этой камере должна быть выше, чем в камере предварительного термовакuumного воздействия на 50-55 кПа. Объем откачиваемого из камеры водяного пара, а вместе с ним и скорость активного потока в эжекторе, регулируется посредством впуска некоторого объема воздуха с помощью воздушного крана 17.

Система «Вентилятор» ($A_{в}$) функционирует для повышения энергоэффективности агрегата путем регенерации части теплоты горячего пара, выделяющегося из экструдата в процессе его интенсивного обезвоживания, и использования этой теплоты для предварительного нагрева обрабатываемого сырья.

С этой целью смесь горячего пара, поступающего из камер предварительной и заключительной термовакuumной обработки в эжектор, с помощью вентилятора 20 подается через перфорированное дно 23 бункерного смесителя 22 и нагревает сырье. При обработке сырья с повышенной влажностью (более 30%), включаются один или два воздушных ТЭНа 21, которые в схему функционирования агрегата как отдельная система не включены.

Таким образом, снижение энергозатрат на выполнение рабочего процесса агрегата (повышение его энергоэффективности) обеспечивается за счет замещения части энергии электрического привода машины энергией (теплотой) горячего пара, выделяющегося из экструдата в процессе его интенсивного обезвоживания в камерах предварительной и заключительной термовакuumной обработки. При этом регулирование влажности обрабатываемого сырья осуществляется включением или отключением ТЭНов, а влажность готового продукта обеспечивается с помощью вакуум-регулятора системы «Вакуумный насос».

Принцип работы термовакuumной системы агрегата основан на постоянном удалении водяных паров, выделяющихся из экструдата при соответствующих давлении и температуре. Объем этих паров зависит от содержания влаги в сырье и готовом экструдате, а также давления воздуха (водяных паров) в камерах термовакuumной обработки. В связи с этим для обоснования основных характеристик параметров термовакuumной системы агрегата необходимо знать законы изменения в ней давления в зависимости от основных параметров рабочего процесса агрегата и его камер термовакuumной обработки (объемный расход сырья в экструдере, давление в вакуумной системе, объем камер и др.).

Составим уравнение баланса массы экструдата, находящегося в тракте экструдера (до выхода из фильеры) и массы экструдата после выхода из фильеры (попадания его в камеру предварительной термовакuumной обработки)

$$M_{t1} = M_{f1} + M_{w1} \quad (1)$$

или

$$V_{t1} \cdot \rho_{t1} = V_{f1} \cdot \rho_{f1} + V_{w1} \cdot \rho_{w1}, \quad (2)$$

где V_{t1} и V_{f1} – объем экструдата соответственно до выхода и после выхода из фильеры агрегата в первую камеру, м³;

V_{w1} – объем водяного пара, образовавшегося в результате декомпрессионного взрыва экструдата в камере предварительной термовакuumной обработки, м³;

ρ_{t1} и ρ_{f1} – плотность экструдата до выхода и после выхода из фильеры агрегата, кг/м³;

ρ_{w1} – плотность водяного пара, кг/м³.

Тогда объем водяного пара, образовавшегося в результате декомпрессионного взрыва, будет равен

$$V_{w1} = \frac{V_{t1} \cdot \rho_{t1} - V_{f1} \cdot \rho_{f1}}{\rho_{w1}}. \quad (3)$$

Объем экструдата после выхода обрабатываемого сырья из фильеры и попадания его в камеру предварительной термовакуумной обработки агрегата можно записать в виде

$$V_{f1} = V_{t1} + \Delta V_{t1}, \quad (4)$$

где ΔV_{t1} – приращение объема экструдата после выхода его из фильеры агрегата, м³.

Тогда уравнение (5) примет вид

$$V_{w1} = \frac{V_{t1} \cdot \rho_{t1} - (V_{t1} + \Delta V_{t1}) \cdot \rho_{t1}}{\rho_{w1}} = \frac{V_{t1} \cdot \rho_{t1} \cdot \left(1 + \frac{\Delta V_{t1}}{V_{t1}}\right)}{\rho_{w1}}. \quad (5)$$

Для камеры заключительной термовакуумной обработки можно записать аналогичное выражение с учетом параметров находящегося там экструдата

$$V_{w2} = \frac{V_{t2} \cdot \rho_{t2} - (V_{t2} + \Delta V_{t2}) \cdot \rho_{t2}}{\rho_{w2}} = \frac{V_{t2} \cdot \rho_{t2} \cdot \left(1 + \frac{\Delta V_{t2}}{V_{t2}}\right)}{\rho_{w2}}. \quad (6)$$

Объем воздуха, который необходимо удалять из камеры предварительной термовакуумной обработки агрегата можно определить из следующего уравнения

$$V_w = V_{w1} + V_{BK1}, \quad (7)$$

где V_{BK1} – объем воздуха, впускаемого посредством воздушного крана камеры предварительной термовакуумной обработки, м³.

Объем воздуха, который необходимо удалять из камеры заключительной термовакуумной обработки агрегата с помощью вакуумного насоса равен

$$V_{BH} = V_{w2} + V_{BK2} + V_{BP}. \quad (8)$$

где V_{BK2} – объем воздуха, впускаемого посредством воздушного крана камеры заключительной термовакуумной обработки, м³;

V_{BP} – объем воздуха, поступающего в вакуумную систему через клапан вакуум-регулятора в процессе его работы, м³.

Таким образом, уравнения (7) и (8) позволяют определить общий объем водяных паров и воздуха, который необходимо удалить из камер предварительной и заключительной термовакуумной обработки агрегата в единицу времени при заданном объеме перерабатываемого сырья. При этом на основе полученных результатов достаточно просто установить связь производительности (подачи) и рабочего давления вакуумного насоса и вентилятора агрегата по их техническим характеристикам.

Заключение. Полученные теоретические зависимости позволяют получить материальный баланс воздуха и оценить влияние его отдельных составляющих на основные конструктивно-технологические параметры агрегата для термовакуумной обработки растительного сырья, а также подобрать для его комплектации вакуумный насос и вентилятор.

Список источников

1. Бахчевников О.Н., Брагинец С. В. Экструдирование растительного сырья для продуктов питания (обзор) // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50, №. 4. С. 690-706. DOI: [10.21603/2074-9414-2020-4-690-706](https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-690-706) EDN: [CDJMBD](https://www.edn.ru/CDJMBD)
2. Кутовой В. А. Системный подход к решению термовакуумных процессов сушки гетерогенных материалов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. Т. 6, №. 8 (66). С. 40-44. EDN: [RUJKFN](https://www.edn.ru/RUJKFN)
3. Пат. 2783914 Российская Федерация, МПК А23Р10/25. Агрегат для термовакуумной экструзии растительного сырья / Курочкин А.А., Фролов Д.И., Гарькина П.К. [и др.]. № 2021110152; заявл. 13.04.2021; опубл. 22.11.2022, Бюл. № 33.9 с.
4. Трушляков В. И., Новиков А. А., Лесняк И. Ю. [и др.]. Исследование процесса испарения жидкости со свободной поверхностью в замкнутой ёмкости при понижении давления и акустическом воздействии // Теплофизика и аэромеханика. 2019. Т. 26, №. 2. С. 275-286. EDN: [XNLHII](https://www.edn.ru/XNLHII)
5. Фролов Д. И., Курочкин А. А., Гарькина П. К. [и др.] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера // Нива Поволжья. 2019. №. 2. С. 134-143. EDN: [BIRIFZ](https://www.edn.ru/BIRIFZ)
6. Шариков А. Ю., Степанов В. И., Иванов В. В. Термопластическая экструзия в процессах пищевой биотехнологии // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. Т. 9, №. 3 (30). С. 447-460. DOI: [10.21285/2227-2925-2019-9-3-447-460](https://doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-3-447-460) EDN: [EMEJZG](https://www.edn.ru/EMEJZG)
7. Patent US 7001636 B1 Method for manufacturing feed pellets and a plant for use in the implementation of the method / Odd Geir Oddsen, Harald Skjorshammer, Fred Hirth Thorsen. № 09/937172; Pub. 21.02.2006.
8. Ramchiary M., Das A. B. Vacuum-assisted extrusion of red rice (bao-dhan) flour: Physical and phytochemical comparison with conventional extrusion // Journal of Food Processing and Preservation. 2020. Т. 44, №. 8. С. e14570. DOI: [10.1111/jfpp.14570](https://doi.org/10.1111/jfpp.14570) EDN: [OTVPOI](https://www.edn.ru/OTVPOI)

9. Leonard W. et al. Application of extrusion technology in plant food processing byproducts: An overview // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020. Т. 19. №. 1. С. 218-246. DOI: [10.1111/1541-4337.12514](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12514)
10. Vishwakarma S. et al. Investigation of natural food fortificants for improving various properties of fortified foods: A review // *Food Research International*. 2022. Т. 156. С. 111186. DOI: [10.1016/j.foodres.2022.111186](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111186) EDN: [NQJWOM](https://www.edn.net/NQJWOM)

References

1. Bakhchevnikov, O. N. & Braginets, S. V. (2020). Extrusion of vegetable raw materials for food products (review). *Technique and technology of food production*. 50. 4. 690-706. (In Russian). DOI: [10.21603/2074-9414-2020-4-690-706](https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-4-690-706) EDN: [CDJMBD](https://www.edn.net/CDJMBD)
2. Kutovoy, V. A. (2013). A systematic approach to solving thermovacuum drying processes of heterogeneous materials. *Eastern European Journal of Advanced Technologies*. 6. 8 (66). 40-44. (In Russian). EDN: [RUJKFN](https://www.edn.net/RUJKFN)
3. Pat. 2783914 Russian Federation, IPC A23R10/25. Unit for thermal vacuum extrusion of vegetable raw materials / Kurochkin A.A., Frolov D.I., Garkina P.K. [et al.]. – No. 2021110152; application 04/13/2021 ; publ. 11/22/2022, Byul. No. 33. 9 p. (In Russian).
4. Trushlyakov, V. I., Novikov, A. A., Lesnyak, I. Yu., et al. (2019). Investigation of the process of liquid evaporation with a free surface in a closed container under reduced pressure and acoustic influence. *Thermal Physics and Aeromechanics*. 26. 2. 275-286. (In Russian). EDN: [XNLHII](https://www.edn.net/XNLHII)
5. Frolov, D. I., Kurochkin, A. A., Garkina, P. K., et al. (2019). Increase in the efficiency of the extrudate dewatering in the vacuum chamber of the modernized extruder. *Niva Povolzhya*. 2. 134-143. (In Russian). EDN: [BIRIFZ](https://www.edn.net/BIRIFZ)
6. Sharikov, A. Yu., Stepanov, V. I. & Ivanov, V. V. (2019). Thermoplastic extrusion in food biotechnology processes. *Izvestiya vuzov. Applied chemistry and biotechnology*. 9. 3 (30). 447-460. (In Russian). DOI: [10.21285/2227-2925-2019-9-3-447-460](https://doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-3-447-460) EDN: [EMEJZG](https://www.edn.net/EMEJZG)
7. Patent US 7001636 B1 Method for manufacturing feed pellets and a plant for use in the implementation of the method / Odd Geir Oddsen, Harald Skjorshammer, Fred Hirth Thorsen – No. 09/937172; Pub. 21.02.2006.
8. Ramchiary, M., Das, A. B. (2020). Vacuum-assisted extrusion of red rice (bao-dhan) flour: Physical and phytochemical comparison with conventional extrusion. *Journal of Food Processing and Preservation*. Т. 44. №. 8. С. e14570. DOI: [10.1111/jfpp.14570](https://doi.org/10.1111/jfpp.14570) EDN: [OTVPOI](https://www.edn.net/OTVPOI)
9. Leonard W. et al. (2020). Application of extrusion technology in plant food processing byproducts: An overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 19. №. 1. С. 218-246. DOI: [10.1111/1541-4337.12514](https://doi.org/10.1111/1541-4337.12514)
10. Vishwakarma S. et al. (2022). Investigation of natural food fortificants for improving various properties of fortified foods: A review. *Food Research International*. Т. 156. С. 111186. DOI: [10.1016/j.foodres.2022.111186](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111186) EDN: [NQJWOM](https://www.edn.net/NQJWOM)

Информация об авторе:

A. A. Курочкин – доктор технических наук, профессор;

Information about the author:

A. A. Kurochkin – Doctor of Technical Sciences, Professor;

Конкурирующие интересы: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Competing interests: The author declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 1.09.2025; одобрена после рецензирования 30.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.
The article was submitted 1.09.2025; approved after reviewing 30.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 629.33.02.004.067:621.895

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-75-80

**КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КАК ОБОБЩАЮЩИЙ ПАРАМЕТР
ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРЕНИЯ ЛУЗГИ КЛЕЩЕВИНЫ В ТОПКЕ КОТЛА****Николай Иванович Стручаев¹, Андрей Борисович Чебанов², Светлана Викторовна Адамова³,
Константин Николаевич Стручаев⁴, Дмитрий Александрович Милько⁵**^{1, 2, 3, 4, 5} Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия¹ takaytokey@mail.ru² chebanov-ab@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8457-0574>³ adamova164@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4857-4524>⁴ strucaevkonstantin@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-4130-8956>⁵ milkodmitry@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0991-1930>

Резюме. Цель исследований – определить коэффициенты теплопроводности лузги клещевины как обобщающего параметра для использования при расчетах условия устойчивого и эффективного горения лузги клещевины в топке котла, для обеспечения тепловых процессов в технологической линии получения касторового масла из семян клещевины. Лузга клещевины (17-22 % от массы семян) наряду с ядрами является основными составными частями семян клещевины. Она содержит клетчатку, которая состоит в основном из целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина и может использоваться, как топливо, для котлов. Лузга клещевины обладает низкой теплотой сгорания $Q_{нр} = 12,4-16,8$ МДж/кг. Поэтому исследование корреляции коэффициента теплопроводности лузги клещевины с эффективностью горения для обеспечения тепловых процессов является актуальной задачей. Работа посвящена исследованию путей повышения эффективности горения лузги клещевины для обеспечения тепловых процессов в технологической линии получения касторового масла из семян клещевины. Исследования проводились на кафедре электроэнергетики имени профессора И.П. Назаренко ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет» (г. Мелитополь) в период 2023-2025 гг. При проведении экспериментальных исследований использовались численные и статистические методы обработки экспериментальных данных. Доказана возможность использования коэффициента теплопроводности лузги клещевины как обобщающего параметра контроля эффективности её горения. Обоснованы параметры, влияющие на коэффициент теплопроводности λ (Вт/(м·К)) лузги клещевины такие как, влажность W (%), насыпная плотность $\rho_{н.п.}$ (кг/м³) и пористость $P_{п.к.}$ (%). Получены графические зависимости и эмпирические уравнения регрессии для определения коэффициента теплопроводности лузги клещевины с учетом указанных параметров. Установлено, что процесс горения происходит наиболее эффективно при коэффициенте теплопроводности лузги клещевины равном 0,05-0,09 Вт/(м·К), влажности – 6-9%, плотности равной 100-120 (кг/м³) при слоевом горении, и пористости – 40-50%.

Ключевые слова: лузга клещевины, коэффициент теплопроводности, эффективность горения, тепловые процессы

Финансирование: Исследования выполнены в соответствии с государственным заданием в сфере научной деятельности в рамках базовой части (фундаментальная наука) по научному проекту № FRRS-2023-0023 «Разработка технологии, экспериментального оборудования технологической линии глубокой переработки семян клещевины в касторовое масло».

Для цитирования: Стручаев Н. И., Чебанов А. Б., Адамова С. В., Стручаев К. Н., Милько Д. А. Коэффициент теплопроводности как обобщающий параметр эффективности горения лузги клещевины в топке котла // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 75-80. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-75-80

Original article

**COEFFICIENT OF THERMAL CONDUCTIVITY AS A GENERALIZING EFFICIENCY PARAMETER
OF CASTOR OIL PLANT HUSK BURNING IN THE FURNACE****Nikolay I. Struchaev¹, Andrey B. Chebanov², Svetlana V. Adamova³, Konstantin N. Struchaev⁴, Dmitry A. Milko⁵**^{1, 2, 3, 4, 5} Melitopol State University, Melitopol, Russia¹ takaytokey@mail.ru² chebanov-ab@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8457-0574>³ adamova164@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4857-4524>⁴ strucaevkonstantin@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-4130-8956>⁵ milkodmitry@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0991-1930>

Abstract. The purpose of the research is to determine the thermal conductivity coefficients of castor oil plant husk as a generalizing parameter for use in calculating the conditions for stable and efficient burning of castor oil plant husk in the furnace to ensure thermal processes in the production line for producing castor oil from castor oil plant seeds. Castor oil plant husk (17-22% of the seed weight) along with kernels are the main components of castor oil plant seeds. It contains fiber, which consists mainly of cellulose, hemicellulose, lignin and can be used as fuel for boilers. Castor oil plant husk has a net calorific value of $Q_{нр} = 12.4-16.8$ MJ/kg. Therefore, studying the correlation between the thermal conductivity of castor oil plant husk and burning efficiency for thermal processes is an urgent task. This work explores ways to improve the burning efficiency of castor oil plant husk to support thermal processes in a production line for producing castor oil from castor oil plant seeds. The studies were conducted at the Department of Electric Power Engineering named after Professor I.P. Nazarenko, Melitopol State University (Melitopol) in the period 2023-2025. In the experimental studies, numerical and statistical methods of processing experimental data were used. The possibility of using the thermal conductivity coefficient of castor oil plant husk as a generalizing parameter for monitoring the efficiency of its burning has been proved. The parameters influencing the thermal conductivity coefficient λ (W/(m·K)) of castor oil plant husk such as moisture W (%), bulk density $\rho_{b.d.}$ (kg/m³) and porosity $P_{h.c.}$ (%) were substantiated. Graphical dependencies and empirical regression equations were obtained to determine the thermal conductivity coefficient of castor oil plant husks, taking into account the specified parameters. It was found that burning is most efficient with a thermal conductivity coefficient of 0.05-0.09 W/(m·K), moisture content of 6-9%, density of 100-120 (kg/m³) for layer burning, and porosity of 40-50%.

Keywords: castor husk, thermal conductivity coefficient, combustion efficiency, thermal processes.

Acknowledgements: The research was carried out in accordance with the state assignment in the field of scientific activity within the framework of the basic part (fundamental science) under the scientific project № FRRS-2023-0023 "Development of technology, experimental equipment for the technological line of deep processing of castor seeds into castor oil".

For citation: Struchaeв, N. I., Chebanov, A. B., Adamova, S. V., Struchaeв, K. N. & Milko, D. A. (2025). Coefficient of thermal conductivity as a generalizing efficiency parameter castor oil plant husk burning in the furnace. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 75-80. (In Russian). DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-4-75-80](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2025-10-4-75-80)

Отходы переработки масличных культур находят все большее применение как альтернативное топливо с «нулевым» балансом углекислого газа (поглощение-выбросы). Знаменитая надпись: «Zero CO₂» немного лукавая. Тут, необходимо пояснение: выбросы CO₂ при горении отходов переработки масличных культур происходят в полном объеме, точно также, и ничуть ни меньше, чем при горении ископаемых углеродсодержащих топлив. Однако теоретически, умозрительно, считают, что если мы вдруг опять поседем масличную культуру в тех же объемах, что и в предыдущем году, то для своего развития в следующем году растения поглотят из атмосферы ровно столько же CO₂, сколько попало в атмосферу при их горении нынче. В современных условиях элементы топливно-энергетического комплекса требуют не только практического их использования, но и тщательного изучения и исследования эффективности горения. Горение органических отходов сельскохозяйственного производства – это перспективное направление в энергетике. Оно состоит из нескольких вариантов осуществления процесса. Наиболее часто говорят о переработке масличных культур в биодизельное топливо, а также об изготовлении из целлюлозосодержащих продуктов: брикетов, пеллет, гранул. Однако оба эти направления требуют до 15-20 % затрат энергии на выполнение технологических операций по трансформации сырья в топливо. В тоже время, горение лузги клещевины в слое непосредственно на маслозаводе свободно от дополнительных затрат. Эффективность горения лузги клещевины, в основном, зависит от её влажности, насыпной плотности и пористости слоя. Коэффициент теплопроводности лузги клещевины также зависит от этих параметров и может рассматриваться, как обобщающий параметр.

Цель исследований: определить коэффициенты теплопроводности лузги клещевины как обобщающего параметра для использования при расчетах условия устойчивого и эффективного горения лузги клещевины в топке котла, для обеспечения тепловых процессов в технологической линии получения касторового масла из семян клещевины.

Задачи исследований: провести экспериментальные исследования по определению зависимости коэффициента теплопроводности λ (Вт/(м·К)) лузги клещевины от влажности W (%), насыпной плотности $\rho_{н.п.}$ (кг/м³) и пористости $P_{п.к.}$ (%) с использованием комплекса оборудования и аппаратуры. По результатам исследований построить графические зависимости исследуемых величин. Путем математической обработки выполнить аппроксимацию графических зависимостей и получить эмпирические уравнения регрессии, которые можно было бы использовать в инженерных расчетах прикладного характера.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены на кафедре электроэнергетики имени профессора И.П. Назаренко ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет» (г. Мелитополь) в период 2023-2025 гг. При проведении экспериментальных исследований использовались численные и статистические методы обработки экспериментальных данных [6].

В представленную работу включен вопрос возможности использования коэффициента теплопроводности лузги клещевины, как обобщенного параметра контроля эффективность её горения. При растущем спросе на касторовое масло и увеличивающихся площадях посева клещевины, отмечается перспективность использования её лузги в качестве альтернативного топлива для обеспечения тепловых процессов при переработке клещевины на касторовое масло.

Объектом исследования являлась лузга клещевины, полученная в соответствии с технологией [7]. В работе использованы методика определения коэффициента теплопроводности сельскохозяйственных материалов [8] и методика расчета выносной топки к серийно выпускаемой котельной установке для горения лузги клещевины [4]. Коэффициент теплопроводности определяли с помощью прибора ИТП-МГ4 со штатным набором датчиков и термопар [8]. Влажность, плотность и пористость лузги определяли стандартными методами, а именно влажность - весовым методом, плотность - гидростатическим методом, пористость - исходя из средней и истинной плотности материала.



Рис. 1. Материалы, использованные в исследованиях: лузга клещевины

Методика определения коэффициента теплопроводности сельскохозяйственных материалов заключается в следующем. Предварительно определяли влажность лузги гравиметрическим методом и насыпную плотность путем взвешивания пробы лузги клещевины в мерном сосуде. Затем навеску лузги клещевины, установленной влажности и насыпной плотности, помещали в емкость для измерения коэффициента теплопроводности, где её сверху нагревали, а снизу охлаждали для создания теплового потока. После установления стационарного режима, измеряли термо-ЭДС датчика плотности теплового потока, термо-ЭДС горячей термопары, термо-ЭДС холодной термопары и толщину образца. После проведения эксперимента коэффициент теплопроводности лузги клещевины вычисляли по формуле:

$$\lambda_{\text{л.к.}} = \frac{q \cdot \delta}{\Delta t} = \frac{U_q \cdot k_q \cdot \delta}{\frac{U_{t_g}}{k_t} - \frac{U_{t_x}}{k_t}} \quad (1)$$

где $\lambda_{\text{л.к.}}$ – коэффициент теплопроводности лузги клещевины, Вт/(м·К);

q – плотность теплового потока, Вт/(м²·К);

δ – толщина образца материала, м;

U_q – термо-ЭДС датчика плотности теплового потока, мВ;

k_q – коэффициент датчика теплового потока, 78 Вт/(мВ·м²);

U_{t_g} – величина термо-ЭДС горячей термопары, мВ;

k_t – коэффициент термопары (0,083 мВ/К);

U_{t_x} – величина термо-ЭДС холодной термопары, мВ.

Исследования проводились для 12 проб лузги клещевины с различным сочетанием влажности и насыпной плотности, с трехкратной повторностью.

Результаты исследований. В результате обработки данных экспериментальных исследований получены графические зависимости и эмпирические уравнения регрессии для различных режимов измерения зависимости коэффициента теплопроводности λ (Вт/(м·К)) лузги клещевины от влажности W (%), насыпной плотности $\rho_{\text{н.п.}}$ (кг/м³) и пористости $P_{\text{л.к.}}$ (%).

В соответствии с условиями проведения экспериментальных исследований влажность W изменялась в пределах 7–18 %, Насыпная плотность лузги клещевины $\rho_{\text{н.п.}}$ изменялась в пределах 100–150 кг/м³, а измельченной лузги до 250 кг/м³, пористость $P_{\text{л.к.}}$ в пределах 0–70 %.

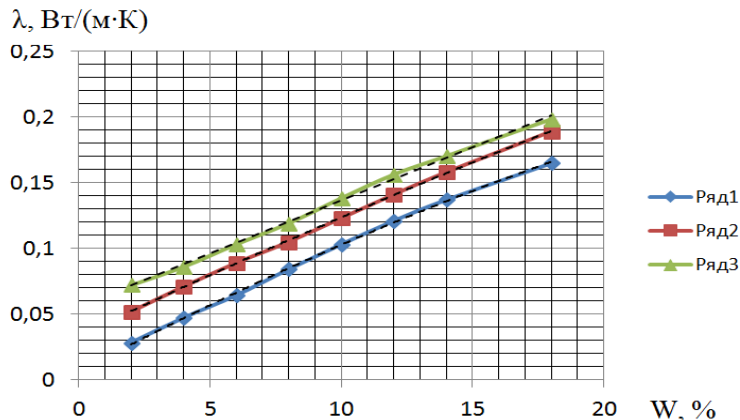


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности лузги клещевины λ (Вт/(м·К)) от влажности W (%):
1 – Ряд 1 при насыпной плотности $\rho_{\text{н.п.}}$ равной 100 кг/м³; 2 – Ряд 2 при насыпной плотности $\rho_{\text{н.п.}}$ равной 150 кг/м³,
3 – Ряд 3 при насыпной плотности $\rho_{\text{н.п.}}$ равной 250 кг/м³

Зависимость коэффициента теплопроводности лузги клещевины λ (Вт/(м·К)) от влажности W (%) при насыпной плотности $\rho_{\text{н.п.}}$ равной 100 кг/м³ выражается уравнением регрессии, которое имеет следующий вид:

$$\lambda_W = 0,005 + 1,2 \cdot W - 11 \cdot W^2 + 1,7 \cdot 10^2 \cdot W^3 + 530 \cdot W^4, \quad (2)$$

где λ_W – коэффициент теплопроводности лузги клещевины, (Вт/(м·К));

W – влажность, (%).

Зависимость коэффициента теплопроводности лузги клещевины λ (Вт/(м·К)) от влажности W (%) при насыпной плотности $\rho_{\text{н.п.}}$ равной 150 кг/м³ выражается уравнением регрессии, которое имеет следующий вид:

$$\lambda_W = 0,0335 + 0,0094 \cdot W - 4 \cdot 10^{-5} \cdot W^2. \quad (3)$$

Зависимость коэффициента теплопроводности лузги клещевины λ (Вт/(м·К)) от влажности W (%) при насыпной плотности $\rho_{н.п.}$ (кг/м³) равной 250 выражается уравнением регрессии, которое имеет следующий вид:

$$\lambda_W = 0,0521 + 0,009 \cdot W - 5 \cdot 10^{-5} \cdot W^2. \quad (4)$$

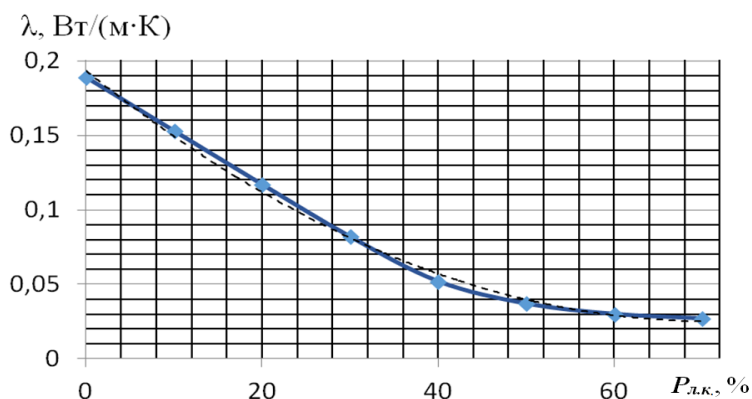


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплопроводности лузги клещевины $\lambda_{П.к.}$ (Вт/(м·К)) от пористости $P_{л.к.}$ (%)

Зависимость коэффициента теплопроводности лузги клещевины $\lambda_{П.к.}$ (Вт/(м·К)) от пористости $P_{л.к.}$ (%), с учетом данных [9] выражается уравнением регрессии, которое имеет следующий вид:

$$\lambda_{П.к.} = 0,1935 + 0,0047 \cdot P_{л.к.} - 3 \cdot 10^{-5} \cdot P_{л.к.}^2. \quad (5)$$

Анализ полученных результатов выполнен с использованием основных положений теории горения. Теория горения, бурно развивающаяся молодая наука. Объяснение процессов горения стало возможным только в 20 веке. Основатель теории горения советский ученый академик Н.Н. Семенов, который внес важнейший вклад в её становление и развитие [10]. Скорость горения обусловлена не только химическими свойствами топлива, но переносом теплоты, давлением и прочим. Скорость химических реакций зависит от температуры и теплофизических свойств, в том числе и от коэффициента теплопроводности. При комнатной температуре топливовоздушная смесь хранится сколь угодно долго. Для начала процесса горения есть два пути: 1 - нагреть всю смесь до температуры самовозгорания; 2 - поднести к топливовоздушной смеси открытый огонь.

Условием горения является состояние, при котором количество теплоты, выделяемое во время процесса горения ($Q_{р.г.}$) превышает количество теплоты, которое отводится за счет теплопроводности ($Q_{тп}$) [11].

$$Q_{р.г.} = A \cdot m \cdot e^{-\frac{E}{R \cdot T}} > Q_{тп} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot \Delta T \cdot F. \quad (6)$$

где A – тепловой эффект реакции, Дж/кг;

m – масса топлива, кг;

$e^{-\frac{E}{R \cdot T}}$ – экспоненциальная функция;

E – энергия активации, Дж/моль;

R – газовая постоянная, Дж/(моль·К);

T – температура, К;

λ – коэффициент теплопроводности, (Вт/(м·К));

δ – толщина слоя, м;

F – площадь, м².

При этом необходимо отметить, что коэффициент теплопроводности характеризует эффективность или скорость передачи теплоты материалом. То есть, оценивая значения коэффициента теплопроводности можно сделать вывод о условиях протекания реакции горения. Он является своеобразным обобщающим параметром, влияющим на эффективность горения, в том числе и лузги клещевины. Более низкие значения коэффициента теплопроводности лузги клещевины соответствуют более эффективному горению, в то время как, более высокие – ухудшают его. Так с увеличением влажности от 2 до 18% и плотности лузги клещевины (рис. 2) коэффициент теплопроводности увеличивается примерно в четыре раза, что ухудшает условия протекания реакции горения. В то же время, с увеличением пористости лузги клещевины (рис. 3) до 70% коэффициент теплопроводности уменьшается примерно также - в четыре раза, что улучшает условия протекания реакции горения.

Проведенные нами ранее исследования показали, что с увеличением коэффициента теплопроводности увеличиваются и потери теплоты с уходящими газами [12], что также нежелательно.

В литературе отмечена возможность использования лузги клещевины в качестве биодизельного топлива [13, 14].

Заключение. Доказана возможность использования коэффициента теплопроводности лузги клещевины, как обобщающего параметра контроля эффективности её горения. Обоснованы параметры влияющие на коэффициент теплопроводности λ (Вт/(м·К)) лузги клещевины такие как, влажность W (%), насыпная плотность $\rho_{н.п.}$ (кг/м³) и пористость $P_{п.к.}$ (%). Получены графические зависимости и эмпирические уравнения регрессии определения коэффициента теплопроводности лузги клещевины, с учетом указанных параметров. Установлено, что процесс горения происходит наиболее эффективно при коэффициенте теплопроводности лузги клещевины равном 0,05-0,09 Вт/(м·К), влажности – 6-9%, плотности, при слоевом горении – 100-120 (кг/м³) и пористости 40-50%.

Список источников

- ГОСТ 14944. Семена клещевины (промышленное сырьё). М. : Стандартиформ, 2015. 6 с.
- Пат. РФ Топка для сжигания топлива с малым удельным весом / Горошников Б. Н., Денисов В. М., Калашник В. Г., Леонтьевская А. Ф. Патентообладатель ЗАО СП «Энергософин» (RU). № 2394189 С1. 2010. Бюл. № 19.
- Ольховатов Е. А. Совершенствование технологии комплексной переработки плодов клещевины. – 2011.
- Стручаев Н. И., Чебанов А. Б., Адамова С. В., Чебанова Ю. В., Стручаев К. Н. Энергетические аспекты комплексной технологии переработки семян клещевины в касторовое масло // Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 4(34). С. 115-124. DOI: [10.24888/2541-7835-2024-34-4-115-124](https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-115-124) EDN: [DMNONI](https://www.edn.net/DMNONI)
- Садов А. А., Денежко Л. В. Оценка дизельного смесового топлива на основе рицинового масла и биоэтанола // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. 2021. № 1 (9). С. 35-42. EDN: [ELSWPN](https://www.edn.net/ELSWPN)
- Николаев Н. С., Урюпин М. А. Математическая обработка результатов экспериментальных исследований // Вестник Международной академии холода. 2009. № 1. С. 46-48. EDN: [KBXVEF](https://www.edn.net/KBXVEF)
- Ольховатов Е. А. Совершенствование технологии комплексной переработки плодов клещевины : монография. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2011. 107 с. EDN: [ULTNQZ](https://www.edn.net/ULTNQZ)
- Чашиллов Д. В. Исследование зависимости коэффициента теплопроводности от насыпной плотности цветковой чешуи овса посевного *avena sativa* // Южно-Сибирский научный вестник. 2022. № 6 (46). С. 300-307. DOI: [10.25699/SSSB.2022.46.6.047](https://doi.org/10.25699/SSSB.2022.46.6.047) EDN: [ERCPKO](https://www.edn.net/ERCPKO)
- Чебанов А. Б. Обгрунтування конструктивно-технологічних параметрів пневмосепаратора рушанки ріцини з пилословлюючим пристроєм : дис. ... канд. техн. наук. Мелітополь, 2013. 188 с.
- Семёнов Н. Н. Теория цепных реакций // Наука и жизнь. 2006. №4 С. 68-71.
- Захаров Е. А., Гибадуллин В. З., Федянов Е. А., Шумский С. Н. Интенсификация процессов воспламенения и горения углеводородных топлив при их искровом зажигании : монография. Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2017. 136 с. ISBN: 978-5-9948-2732-1 EDN: [YLGIME](https://www.edn.net/YLGIME)
- Стручаев Н. И., Бондаренко Л. Ю., Стручаев К. Н. Повышение эффективности сжигания щепы из веток плодовых деревьев // Роль аграрной науки в обеспечении продовольственной безопасности : материалы Международной научно-практической конференции. Мелитополь : МелГУ, 2024. С. 161-168. EDN: [KJAOGP](https://www.edn.net/KJAOGP)
- Zhu Q. L., Gu H., Ke Z. Congeneration biodiesel, ricinine and nontoxic meal from castor seed // Renewable Energy. 2018. № 120. P. 51-59. DOI: [10.1016/j.renene.2017.12.075](https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.12.075)
- Hou Junming, Yang Yong, Zhu Hongjie, Hu Weixue. Experiment on impact damage of castor capsule and its influencing factors optimization // INMATEH Agricultural Engineering, №. 61, No. 2. 2020. P. 87-96. DOI: [10.35633/inmateh-61-10](https://doi.org/10.35633/inmateh-61-10) EDN: [OGTHQW](https://www.edn.net/OGTHQW)

References

- GOST 14944. Castor seeds (industrial raw materials). Moscow : Standartinform, 2015. 6 (in Russ.).
- Patent of the Russian Federation A furnace for burning fuel with a low specific gravity / Goroshnikov B. N., Denisov V. M., Kalashnik V. G., Leontievskaya A. F. Patent holder of CJSC JV Energosofin (RU). No. 2394189 C1. 2010. Byul. No. 19. (in Russ.).
- Olkhovatov, E. A. (2011). Improvement of the technology of complex processing of castor bean fruits. (in Russ.).
- N. I. Struchayev, A. B. Chebanov, S. V. Adamova, K. N. & Struchayev (2024). Energy aspects of the integrated technology of castor seed processing in castor oil. (*Agro-industrial technologies of Central Russia*). № 4(34). (pp. 115-124). Samara (in Russ.). DOI: [10.24888/2541-7835-2024-34-4-115-124](https://doi.org/10.24888/2541-7835-2024-34-4-115-124) EDN: [DMNONI](https://www.edn.net/DMNONI)
- Sadov, A. A., Denezhko, L. V. (2021). Evaluation of diesel mixed fuel based on castor oil and bioethanol. (*Scientific and technical bulletin: Technical systems in the agro-industrial complex*). No. 1 (9). 35-42 (in Russ.). EDN: [ELSWPN](https://www.edn.net/ELSWPN)
- Nikolaev, N. S., Uryupin, M. A. (2009). Mathematical processing of experimental research results. (*Bulletin of the International Academy of Refrigeration*). 1. 46-48. (in Russ.). EDN: [KBXVEF](https://www.edn.net/KBXVEF)
- Olkhovatov, E. A. (2011). *Improving the technology of complex processing of castor beans*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University. (in Russ.). EDN: [ULTNQZ](https://www.edn.net/ULTNQZ)
- Chashilov, D. V. (2022). Study of the dependence of the thermal conductivity coefficient on the bulk density of the flower scales of oats *avena sativa*. (*South Siberian Scientific Bulletin*), 6 (46), 300-307. (in Russ.). DOI: [10.25699/SSSB.2022.46.6.047](https://doi.org/10.25699/SSSB.2022.46.6.047) EDN: [ERCPKO](https://www.edn.net/ERCPKO)
- Chebanov, A. B. (2013). Priming of the design and technological parameters of the Rushanka ricini pneumatic separator with a lumber-catching device: abstract. Dissertation Candidate of of Technical Sciences. Melitopol. 188. (in Ukr.).
- Semenov, N. (2006). Theory of chain reactions. *Science and Life*, (4), 68-71. (in Russ.).
- Zakharov, E. A., Gibadullin, V. Z., Fedyanov, E. A. & Shumsky, S. N. (2017). *Intensification of ignition and combustion processes of hydrocarbon fuels during their spark ignition*. Volgograd : Volgograd State Technical University. (in Russ.). ISBN: 978-5-9948-2732-1 EDN: [YLGIME](https://www.edn.net/YLGIME)
- Struchayev, N. I., Bondarenko, L. Yu. & Struchayev, K. N. (2024). Increasing the efficiency of burning chips from branches of fruit trees. *The role of agricultural science in ensuring food security: materials of the International scientific and practical conference*. Melitopol: MelSU, 161-168. (in Russ.). EDN: [KJAOGP](https://www.edn.net/KJAOGP)

13. Zhu, Q. L., Gu, H., & Ke, Z. (2018). Congeneration biodiesel, ricinine and nontoxic meal from castor seed. *Renewable Energy*, 120, 51-59. DOI: [10.1016/j.renene.2017.12.075](https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.12.075)

14. Hou Junming, Yang Yong, Zhu Hongjie, Hu Weixue. (2020). Experiment on impact damage of castor capsule and its influencing factors optimization. *INMATEH Agricultural Engineering*. 61, 2. 87-96. DOI: [10.35633/inmateh-61-10](https://doi.org/10.35633/inmateh-61-10) EDN: [OGTHQW](https://doi.org/10.35633/inmateh-61-10)

Информация об авторах:

Н. И. Стручаев – кандидат технических наук, доцент;

А. Б. Чебанов – кандидат технических наук, доцент;

С. В. Адамова – старший научный сотрудник;

К. Н. Стручаев – аспирант;

Д. А. Милько – доктор технических наук, профессор.

Information about the authors

N. I. Struchaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

A. B. Chebanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

S. V. Adamova – Senior Research Fellow;

K. N. Struchaev – Post Graduate student;

D. A. Milko – Doctor of Technical Sciences, Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 1.09.2025; одобрена после рецензирования 30.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.

The article was submitted 1.09.2025; approved after reviewing 30.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 631.331.5

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-81-87

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАНЧАТО-ВОЛНОВОГО КАТКА

Владимир Иванович Курдюмов¹, Вячеслав Евгеньевич Прошкин², Евгений Николаевич Прошкин³, Роман Владимирович Богатский⁴^{1, 2, 3, 4} Ульяновский государственный аграрный университет, Ульяновск, Россия¹ bgdie@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1603-1779>² veproshkin1993@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0307-3411>³ proshkin1921@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3900-1413>⁴ gerald7337@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0008-2170-3430>

Резюме. В статье представлено теоретическое исследование предлагаемой конструкции планчато-волнового катка, разработанного на основе стандартного планчатого катка, являющегося составным элементом культиватора «Твист-8», для повышения эффективности предпосевной обработки почвы комбинированным агрегатом. Проведен детальный анализ технических характеристик и конструктивных особенностей катка, включающих новые технические элементы, выполненные в виде перфорированных желобов, расположенных между планками, параллельно оси катка. Представлены математические модели и теоретическое обоснование основных геометрических и силовых параметров катка, влияющих на качество обработки почвы. На основе расчетов установлены оптимальные значения конструктивных параметров: радиус катка может варьироваться от 0,175 м до 0,3 м, минимальное количество ребер не должно быть менее 8, количество отверстий в одном желобе – не менее 26, но не более 32. Также были обоснованы расстояния между желобами и их форма. Выполнен анализ взаимодействия поверхностей рабочих органов катка с почвой, определены условия эффективного разрушения почвенных комков и равномерного уплотнения поверхностного слоя. Проведенные сравнительные исследования показали повышение эффективности работы предлагаемого планчато-волнового катка на 37 % по сравнению со стандартным планчатым катком культиватора «Твист-8», что подтверждается увеличением коэффициента качества прикатывания с 0,686 до 0,94. Предлагаемая конструкция планчато-волнового катка позволяет обеспечить структуру и плотность почвы в соответствии с агропотребованиями при минимальных энерго- и ресурсозатратах, предотвращая переуплотнение почвы на глубине заделки семян, гарантируя минимальное количество почвенных комков размером более 50 мм и выровненную поверхность поля.

Ключевые слова: планчато-волновой каток, обработка почвы, уплотнение, агротехническая эффективность, конструктивные параметры, разрушение комков, энергозатраты

Для цитирования: Курдюмов В. И., Прошкин В. Е., Прошкин Е. Н., Богатский Р. В. Обоснование основных конструктивных параметров планчато-волнового катка // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 81-87. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-81-87

Original article

JUSTIFICATION OF THE MAIN DESIGN PARAMETERS OF SLAT-WAVE ROLLER

Vladimir I. Kurdyumov¹, Vyacheslav E. Proshkin², Evgeniy N. Proshkin³, Roman V. Bogatsky⁴^{1, 2, 3, 4} Ulyanovsk State Agrarian University, Ulyanovsk, Russia¹ bgdie@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1603-1779>² veproshkin1993@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0307-3411>³ proshkin1921@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3900-1413>⁴ gerald7337@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0008-2170-3430>

Abstract. The article presents a theoretical study of the proposed design of a slat-wave roller, developed on the basis of a standard slat roller, which is a component of the Twist-8 cultivator, to improve the efficiency of pre-sowing soil cultivation by a combined unit. A detailed analysis of the technical characteristics and design features of the roller, including new technical elements made in the form of perforated grooves located between the slats, parallel to the roller axis, is carried out. Mathematical models and a theoretical justification for the main geometric and power parameters of the roller affecting the quality of soil cultivation, are presented. Based on the calculations, optimal values for the design parameters were established: the roller radius can vary from 0.175 m to 0.3 m, the minimum number of ribs should be at least 8, the number of holes in one gutter - not less than 26, but no more than 32. The distances between the gutters and their shape were also justified. An analysis of the interaction between the roller's working surfaces and the soil was conducted, determining the conditions for the effective breakdown of soil clods and uniform compaction of the surface layer. Comparative studies demonstrated a 37% increase in the efficiency of the proposed slat-wave roller compared to the standard slat roller of the Twist-8 cultivator, as evidenced by an increase in the compaction quality factor from 0.686 to 0.94. The proposed slat-wave roller design ensures soil structure and density in accordance with agricultural requirements with minimal energy and resource consumption, preventing soil compaction at the seed placement depth, guaranteeing a minimum number of soil clods larger than 50 mm, and a leveled field surface.

Keywords: slat-wave roller, soil treatment, compaction, agrotechnical efficiency, design parameters, clod destruction, energy consumption

For citation: Kurdyumov, V. I., Proshkin, V. E., Proshkin, E. N. & Bogatsky, R. V. (2025). Justification of the main design parameters slat-wave roller. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 81-87. (In Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-81-87

Современные технологии обработки почвы требуют повышения эффективности работы сельскохозяйственных орудий при одновременном снижении энергозатрат и обеспечении требуемой структуры и плотности почвы. Одним из перспективных направлений является совершенствование конструкции рабочих органов катков, обеспечивающих качественное уплотнение и разрушение почвенных комков.

Нами предложен планчато-волновой каток, конструктивные особенности которого позволяют добиться более равномерного распределения нагрузки на почву и повышения качества её предпосевной обработки в составе с комбинированным агрегатом «Твист-8».

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оптимизации геометрических и силовых параметров планчато-волнового катка с целью повышения его агротехнической эффективности. От правильного выбора радиуса катка, количества ребер, и характера взаимодействия с почвой напрямую зависит качество уплотнения, степень разрушения комков, а также предотвращение переуплотнения почвы на глубине заделки семян.

Цель исследований: выполнить теоретическое обоснование основных конструктивных параметров планчато-волнового катка.

Задачи исследований: определить основные конструктивные параметры планчато-волнового катка, оказывающие непосредственное влияние на качество поверхностной обработки почвы, такие как форма желоба, расстояние между соседними желобами, количество ребер (планок), и давление, оказываемое рабочей поверхностью катка на почву.

Материал и методы исследований. Культиватор «Твист-8» (рис. 1), который представляет собой современное сельскохозяйственное орудие, предназначенное для выполнения широкого спектра агротехнических операций, таких как рыхление почвы, уничтожение сорняков, подготовка почвы к посеву и уход за посевами, содержит планчатые катки, основная задача которых – разрушение крупных комков почвы. Данная модель культиватора разработана с учетом актуальных требований сельского хозяйства, в котором ключевое значение имеют: повышение производительности труда, снижение энергозатрат и минимизация негативного воздействия на окружающую среду.

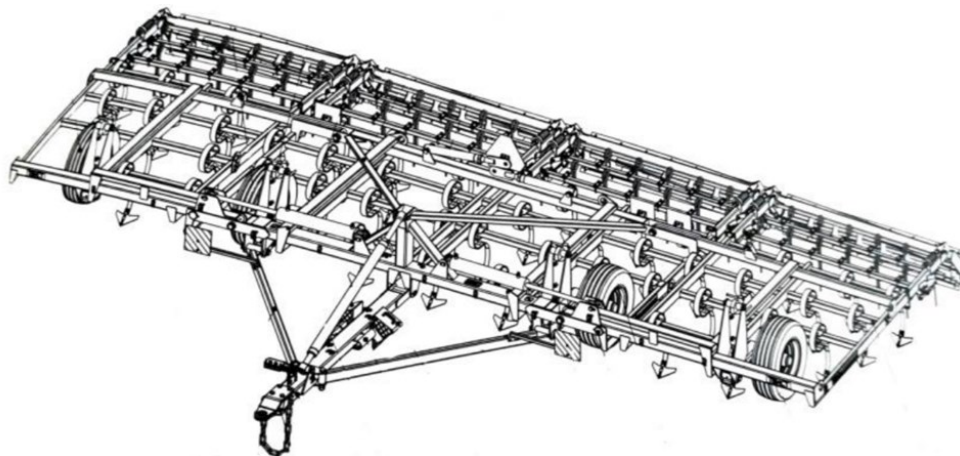


Рис. 1. Культиватор «Твист-8»

Несмотря на значительные преимущества культиватора «Твист-8», а именно, его универсальность, высокая производительность и адаптивность к различным типам почв, катки, входящие в его состав, не обеспечивают требуемого качества прикатывания вследствие несовершенства своей конструкции. Расстояние между планками в разы превышает максимально допустимый по агротехническим требованиям размер комка почвы, что не дает возможности обеспечить требуемую структуру почвы. Также, из-за того, что планки катков в поперечном сечении представляют собой прямоугольник, только узкая сторона которого непосредственно входит в контакт с почвой, это не позволяет уплотнить почву до требуемых значений [1, 2]. Следовательно, совершенствование конструкции катка культиватора, позволяющее привести показатели его работы в соответствие с агротребованиями к прикатыванию почвы, является актуальной и важной задачей.

Результаты исследований. Приняв во внимание сказанное выше, нами предложена новая конструкция планчато-волнового катка, учитывающая недостатки катка культиватора «Твист-8» и выполненная с использованием основных конструктивных элементов серийного катка. При этом предлагаемый каток был оснащен дополнительными уплотняющими элементами, которые выполнены в виде расположенных параллельно оси катка перфорированных желобов. Перфорация желобов необходима для разрушения крупных почвенных комков, в том числе повышенной твердости, при этом радиус отверстий приняли не превышающим половины допустимого агротребованиями размера почвенного комка [3].

Выполним обоснование конструктивных параметров желобов планчато-волнового катка.

Отверстия в желобах выполнены в шахматном порядке (рисунок 2), а их количество можно рассчитать по следующей формуле:

$$n_{отс} = \frac{Bk}{r_{отс}}, \quad (1)$$

где B – ширина катка, мм; $r_{отс}$ – радиус отверстия, мм; k – коэффициент прочности.

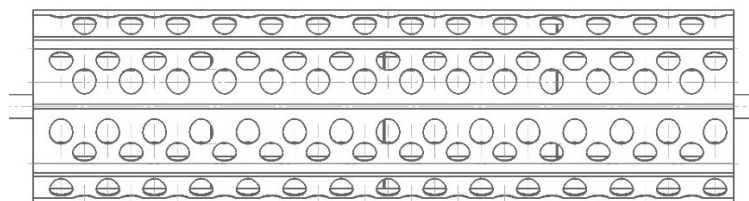


Рис. 2. Схема расположения отверстий в желобах

При таком расположении отверстий и ширине катка 2 м, их количество на одном желобе может варьироваться от 26 до 32.

При взаимодействии желоба с почвой в ней формируется углубление по дуге XY (рисунок 3), образованное непосредственно формой уплотняющего элемента (желоба). Его высота:

$$h_k = R \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (2)$$

где R – радиус изгиба желоба, м; α – угол, с вершиной на оси катка, расположенный между центром желоба и его крайней точкой, град.; β – угол распределения давления в почве, отсчитываемый от крайней точки желоба, град.

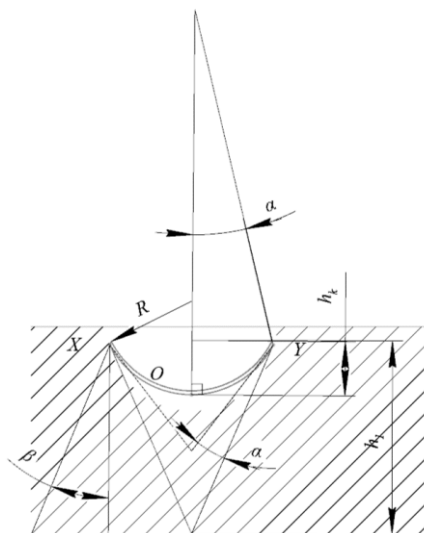


Рис. 3. Схема взаимодействия желоба с почвой

При увеличении ширины желоба глубина уплотнения становится меньше, так как с увеличением ширины рабочей поверхности при одинаковой длине желоба снижается давление при одной и той же массе катка, следовательно, снижается и глубина уплотнения катком почвы [4].

Максимальная плотность почвы в зоне уплотнения желобом достигается при его внедрении на глубину, равную его высоте (высоте сегмента трубы, из которой выполнены желоба). Дальнейшее заглубление желоба ведет лишь к увеличению глубины распространения уплотнения, что вызовет переуплотнение почвы на глубине заделки семян.

Глубина зоны распространения уплотняющего воздействия катка

$$h_1 = R \cdot \cos \alpha + \left(\frac{L}{2} - R \cdot \sin \alpha \right) \cdot \operatorname{ctg} \beta, \quad (3)$$

где L – расстояние между центрами соседних желобов, м.

Выразим из формулы 3 расстояние между центрами соседних желобов:

$$L = \frac{2(h_1 - R \cdot \cos \alpha + R \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta)}{\operatorname{ctg} \beta}. \quad (4)$$

Для определения расстояния R_k , на которое удалены центры желобов относительно центральной оси катка (радиуса катка) рассмотрим случай, когда в почву внедряется только один желоб и глубина его погружения равна высоте желоба h_k . На рисунке 4 представлена схема к определению расстояния между желобами.

$$L^2 = 2R_k^2 - 2R_k^2 \cos 2\gamma, \quad (5)$$

где γ – угол между касательной к центру желоба A и линией AB , соединяющей центры соседних желобов, град.

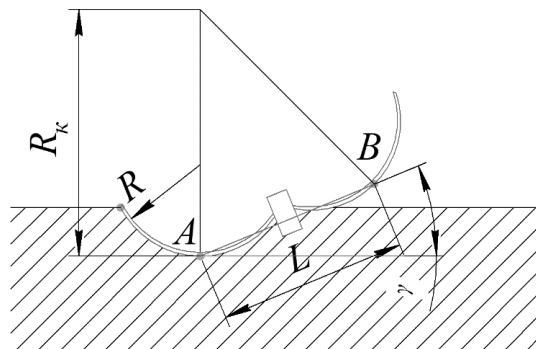


Рис. 4. К определению расстояния между центральной осью катка и центрами желобов

Зная, что $\cos 2\gamma = 1 - 2\sin^2 \gamma$, после преобразований уравнения (5) получим:

$$R_k = \frac{L^2}{2R}. \quad (6)$$

Следовательно, с учетом размеров основных конструктивных элементов катка культиватора «Твист-8», радиус планчато-волнового катка может варьироваться от 0,175 м до 0,3 м.

Выполним обоснование конструктивных параметров ребер планчато-волнового катка.

Для определения степени заглубления катка в почву необходимо определить угол защемления почвенного комка, при котором произойдет его качественное разрушение. Для выполнения поставленного условия угол защемления комков τ должен быть меньше суммы внешнего и внутреннего углов трения, т.е.

$$\tau < \sigma_1 + \sigma_2, \quad (7)$$

где σ_1 и σ_2 – соответственно углы трения комков о рабочую поверхность катка и о почву, град.

Рассмотрим случай, когда на пути планчато-волнового катка встречается почвенный комок круглой формы (рис. 5), тогда оптимальное заглубление катка в почву

$$h_{\text{заг}} = R_k - R_k \cos \tau - r_k (1 + \cos \tau), \quad (8)$$

где R_k – радиус катка, м; r_k – радиус комка, м.

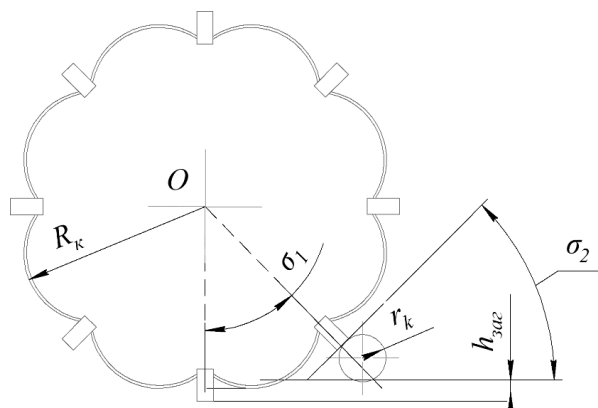


Рис. 5. К определению радиуса планчато-волнового катка

Отсюда с учетом формулы 7, величина заглубления катка в почву будет определяться следующим образом:

$$h_{\text{заг}} < R_k (1 - \cos(\sigma_1 + \sigma_2)) - r_k (1 + \cos(\sigma_1 + \sigma_2)). \quad (9)$$

Количество ребер катка n определим из условия, что в процессе работы как минимум одна планка должна находиться в контакте с почвой:

$$n \geq \frac{360}{\arccos((R_k - h_{\text{заг}})/R_k)}. \quad (10)$$

Проанализировав представленные выше формулы, можно заключить, что количество ребер катка зависит от радиуса катка и величины его заглубления в почву. Далее, путем вычислений с использованием программного пакета MatchCad, нами было установлено, что количество ребер должно быть не менее 8 [5-10].

Одними из основных факторов, оказывающих непосредственное влияние на качество поверхностной обработки почвы разработанным планчато-волновым катком, являются условия взаимодействия рабочей поверхности с почвой и оказываемое ей давление на почву (рис. 6) [11].

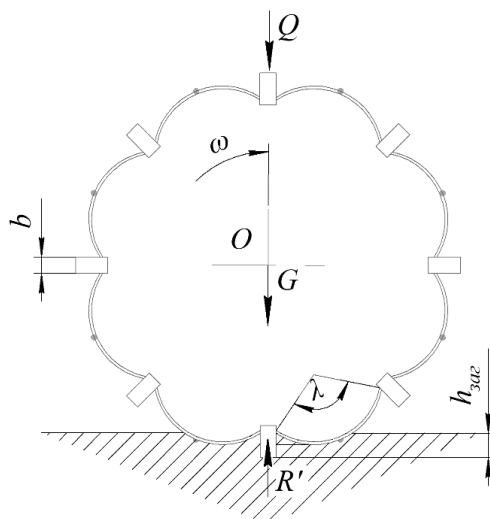


Рис. 6. К определению давления, оказываемого на почву ребром катка

Площадь рабочей поверхности желоба

$$S_{\text{жс}} = \pi \cdot \left(\frac{\lambda}{360^\circ} 2RB - n_{\text{отв}} r_{\text{отв}}^2 \right), \quad (11)$$

где λ – угол желоба, град.

Взяв во внимание, что при работе катка с почвой взаимодействует лишь половина каждого из соседних желобов и планка между ними, нами было принято, что суммарное пятно контакта

$$S_{\text{к}} = S_{\text{жс}} + Bb, \quad (12)$$

где b – ширина ребра, мм.

Давление на почву, оказываемое рабочей поверхностью катка, можно определить по формуле [12, 13, 14]:

$$P = G + Q = R' = q_{\text{см}} \cdot h_{\text{заг}} \cdot (S_{\text{жс}} + B \cdot b), \quad (13)$$

где G – сила тяжести катка, Н; Q – дополнительная вертикальная нагрузка, Н; R' – реакция почвы, Н; $q_{\text{см}}$ – коэффициент объемного смятия почвы (от 1...2 Н/см³ для свежевспаханной почвы).

Проведенные сравнительные исследования планчато-волнового катка с принятыми конструктивными параметрами показали, что его качество работы лучше, чем у серийного катка культиватора «Твист-8». Так, коэффициент качества прикатывания $k_{\text{сз}}$, оценивающий соответствие плотности и структуры почвы агротехническим требованиям, у предлагаемого планчато-волнового катка составляет 0,94, а у серийного катка – 0,686 [15].

Заключение. Полученные в рамках теоретического исследования конструкции планчато-волнового катка зависимости позволяют определить геометрические характеристики желобов, оптимальное расстояние между ними, радиус катка, а также глубину смятия почвы и количество ребер в зависимости от условий работы катка и свойств почвы.

В результате расчетов выявлено, что радиус планчато-волнового катка должен варьироваться в пределах от 0,175 м до 0,3 м при наличии в конструкции не менее 8 ребер, желоба поперечном сечении должны представлять собой сегменты, а количество отверстий в перфорированном желобе должно колебаться от 26 до 32.

Проведенные сравнительные исследования планчато-волнового катка с принятыми конструктивными параметрами доказали, что эффективность его работы на 37 % выше по сравнению с серийным катком культиватора «Твист-8» при её оценке по коэффициенту качества прикатывания.

Список источников

1. Чаткин М. Н., Федоров С. Е., Жалнин А. А. Определение параметров механизма регулирования катка комбинированного культиватора для дифференцированной обработки почвы // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета. 2023. Т. 15. № 3. С. 163-169. DOI: [10.36508/RSATU.2023.75.18.021](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.75.18.021) EDN: ZZRSMD
2. Дальский, Н. Как выбрать прикатывающий каток для комбинированного агрегата? // Наше сельское хозяйство. 2023. № 9 (305). С. 24-28. EDN: DCIXQW
3. Патент на полезную модель № 221487 U1 Российская Федерация, МПК А01В 29/04, А01В 29/00. почвообрабатывающий каток: № 2023113947: заявл. 26.05.2023: опубл. 09.11.2023 / В.И. Курдюмов, В.Е. Прошкин, И.А. Биц; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина». EDN: GQZVUP
4. Раднаев Д. Н., Калашников С. С., Бадмацыренов Д. Ц. Б., Дамбаева Б. Е. Обоснование рациональных параметров прикатывающего катка комбинированного сошника при посеве зерновых культур // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. № 2 (62). С. 158-167. DOI: [10.22450/19996837_2022_2_158](https://doi.org/10.22450/19996837_2022_2_158) EDN: ZCTFFM
5. Широкозахватные винтовые катки для прикатывания посевов // АгроСнабФорум. 2015. № 1-2 (131). С. 40.
6. Кузьминых, А.Н. Система предпосевной обработки почвы и урожайность ярового ячменя // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2020. Т. 6. № 1 (21). С. 32-39. DOI: [10.30914/2411-9687-2020-6-1-32-38](https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-1-32-38) EDN: ZBYHQB
7. Камбулов С. И. Пархоменко Г. Г., Семенихина Ю. А., Божко И. В. Использование мульчирующих катков в конструкции комбинированных почвообрабатывающих агрегатов // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 3 (23). С. 113-121. DOI: [10.33952/2542-0720-2020-3-23-113-121](https://doi.org/10.33952/2542-0720-2020-3-23-113-121) EDN: VPMXAP
8. Петровец, В. Р. & Гайдук, В. А. (2020). Влияние прикатывающих катков сошников на плотность почвы семенного ложа // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2022. № 1 (21). С. 5-9. EDN: JDNWYF
9. Прошкин В. Е. Курдюмов В. И., Прошкин Е. Н., Богатский Р. В. Исследования пружинно-волнового катка в полевых условиях // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3 (63). С. 224-229. DOI: [10.18286/1816-4501-2023-3-224-229](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2023-3-224-229) EDN: WOEWJZ
10. Прошкин В. Е., Курдюмов В. И., Шаронов И. А., Яковлев С. А. Результаты полевых исследований прутково-дискового катка // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4 (64). С. 229-234. DOI: [10.18286/1816-4501-2023-4-229-234](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2023-4-229-234) EDN: CPKVLZ
11. Семенихина Ю. А. Исследование вязкоупругого состояния почвы под воздействием активной поверхности почвообрабатывающего катка // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 7. С. 32-36. DOI: [10.17816/0321-4443-66333](https://doi.org/10.17816/0321-4443-66333) EDN: ZDNIJB
12. Петроченко Н. О. Сохрани почвенную влагу сегодня - получи богатый урожай завтра! // Наше сельское хозяйство. 2023. № 5 (301). С. 4-14. EDN: SHZMUC
13. Петров М. В. Изменение агрофизических свойств почвы в зависимости от основной обработки почвы в различных типах агроландшафта Ульяновской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки. 2022. Т. 1. № 2 (2). С. 67-70. DOI: [10.37313/2782-6562-2022-1-2-67-70](https://doi.org/10.37313/2782-6562-2022-1-2-67-70) EDN: VFQECG
14. Линков С. А., Ширяев А. В., Акинчин А. В., Кузнецова Л. Н., Морозова Т. С. Оценка состояния водно-физических свойств на участках с различными системами обработки почвы // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2023. № 4 (40). С. 117-124. EDN: UHWGLM
15. Прошкин В. Е., Курдюмов В. И., Прошкин, Е. Н., Курушин, В. В., Богатский, Р. В. Анализ результатов полевых исследований пружинно-волнового катка // Тракторы и сельхозмашины. 2023. Т. 90. № 5. С. 405-412. DOI: [10.17816/0321-4443-567933](https://doi.org/10.17816/0321-4443-567933) EDN: KQOJIF

References

1. Chatkin, M. N., Fedorov, S. E. & Zhalnin, A. A. (2023). Determination of the parameters of the control mechanism of the roller of a combined cultivator for differentiated tillage. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University*. 15. 3. 163-169. (In Russian). DOI: [10.36508/RSATU.2023.75.18.021](https://doi.org/10.36508/RSATU.2023.75.18.021) EDN: ZZRSMD
2. Dalsky, N. (2023). How to choose a rolling roller for a combined unit? *Our agriculture*. 9 (305). 24-28. (In Russian). EDN: DCIXQW
3. Utility Model Patent No. 221487 U1 Russian Federation, IPC A01B 29/04, A01B 29/00. tillage roller : No. 2023113947 : application 05/26/2023 : published 11/19/2023 / V. I. Kurdyumov, V. E. Proshkin, I. A. Bit ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ulyanovsk State University P.A. Stolypin Agrarian University". (In Russian). EDN: GQZVUP
4. Radnaev, D. N., Kalashnikov, S. S., Badmatsyrenov, D. Ts. B., & Dambaeva, B. E. (2022). Justification of rational parameters of the rolling roller of the combined coulters when sowing grain crops. *Far Eastern Agrarian Bulletin*, (2 (62)), 158-167. (In Russian). DOI: [10.22450/19996837_2022_2_158](https://doi.org/10.22450/19996837_2022_2_158) EDN: ZCTFFM
5. Wide-reach screw rollers for rolling crops. *AgroSnabForum*. (2015). 1-2 (131). 40. (In Russian).
6. Kuzminykh, A. N. (2020). The system of pre-sowing tillage and the yield of spring barley. *Bulletin of the Mari State University. Series: Agricultural sciences. Economic sciences*. 6. 1 (21). 32-39. (In Russian). DOI: [10.30914/2411-9687-2020-6-1-32-38](https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-1-32-38) EDN: ZBYHQB
7. Kambulov, S. I., Parkhomenko, G. G., Semikhina, Yu. A. & Bozhko, I. V. (2020). The use of mulching rollers in the construction of combined tillage units. *Tavrichesky Bulletin of Agrarian Science*. 3 (23). 113-121. (In Russian). DOI: [10.33952/2542-0720-2020-3-23-113-121](https://doi.org/10.33952/2542-0720-2020-3-23-113-121) EDN: VPMXAP
8. Petrovets, V. R. & Gaidukov, V. A. (2022). The influence of rolling coulters on the density of the soil of the seedbed. *Design, use and reliability of agricultural machinery*. 1 (21). 5-9. (In Russian). EDN: JDNWYF
9. Proshkin, V. E., Kurdyumov, V. I., Proshkin, E. N. & Bogatsky, R. V. (2023). Research of a spring-wave roller in the field. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2023. No. 3 (63). Pp. 224-229. (In Russian). DOI: [10.18286/1816-4501-2023-3-224-229](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2023-3-224-229) EDN: WOEWJZ
10. Proshkin V. E., Kurdyumov, V. I., Proshkin, E. N., Kurushin, V. V. & Bogatsky, R. V. (2023). Analysis of the results of field studies of a spring-wave roller. *Tractors and agricultural machinery*. 90. 5. 405-412. (In Russian). DOI: [10.18286/1816-4501-2023-4-229-234](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2023-4-229-234) EDN: CPKVLZ
11. Semikhina, Yu. A. (2017). Investigation of the viscoelastic state of the soil under the influence of the active surface of a tillage roller. *Tractors and agricultural machinery*. 7. 32-36. (In Russian). DOI: [10.17816/0321-4443-66333](https://doi.org/10.17816/0321-4443-66333) EDN: ZDNIJB
12. Petrochenko, N. O. (2023). Save soil moisture today – get a rich harvest! *Our agriculture*. 5 (301). 4-14. (In Russian). EDN: SHZMUC

13. Petrov, M. V. (2022). Changes in the agrophysical properties of the soil depending on the main tillage in various types of agricultural landscape of the Ulyanovsk region. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Agricultural sciences*. 1. 2 (2). 67-70. (In Russian). DOI: [10.37313/2782-6562-2022-1-2-67-70](https://doi.org/10.37313/2782-6562-2022-1-2-67-70) EDN: VFQECG
14. Linkov, S. A., Shiryayev, A. V., Akinchin, A. V., Kuznetsova, L. N. & Morozova, T. S. (2023). Assessment of the state of water-physical properties in areas with different tillage systems. *Innovations in agriculture: problems and prospects*. 4 (40). 117-124. (In Russian). EDN: UHWGLM
15. Proshkin, V. E., Kurdyumov, V. I., Proshkin, E. N., Kurushin, V. V., & Bogatsky, R. V. (2023). Analysis of the results of field studies of a spring-wave roller. *Tractors and Agricultural Machinery*, 90(5), 405. (In Russian). DOI: [10.17816/0321-4443-567933](https://doi.org/10.17816/0321-4443-567933) EDN: KQOJIF

Информация об авторах:

В. И. Курдюмов – доктор технических наук, профессор;
В. Е. Прошкин – кандидат технических наук, доцент;
Е. Н. Прошкин – кандидат технических наук, доцент;
Р. В. Богатский – студент.

Information about the authors:

V. I. Kurdyumov – Doctor of Technical Sciences, Professor;
V. E. Proshkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
E. N. Proshkin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
R. V. Bogatsky – Student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 16.05.2025; одобрена после рецензирования 30.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.

The article was submitted 16.05.2025; approved after reviewing 30.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 636.085

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-88-93

ПРИРОСТЫ И ЗАТРАТЫ КОРМОВ ПОМЕСНОГО МОЛОДНЯКА ГЕРЕФОРДСКОЙ И БЕЛЬГИЙСКОЙ ГОЛУБОЙ ПОРОД**Исмагиль Насибуллович Хакимов^{1✉}, Наталья Ивановна Власова², Ринат Мансафович Мударисов³**^{1,2} Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия³ Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия¹ xakimov_2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1640-8436>² n.i.vlasova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4724-4497>³ r-mudarisov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8579-3761>

Резюме. Цель исследований – повышение мясной продуктивности молодняка крупного рогатого скота и эффективности производства говядины методом межпородного скрещивания коров комбинированного направления продуктивности с быками специализированных мясных пород. В работе приведены результаты выращивания помесного молодняка, полученного от спаривания коров симментальской породы с производителями герефордской и бельгийской голубой пород в сравнении с чистопородным молодняком симментальской породы. Даны результаты продуктивности и затрат кормов на получение приростов молодняка в период выращивания от рождения до возраста 18 месяцев. У помесного молодняка проявился заметный эффект гетерозиса по откормочным качествам. Установлено, что кроссирование симментальской породы комбинированного направления продуктивности с мясными породами позволяет повысить живую массу молодняка в возрасте 18 месяцев на 9,8 и 3,5%, соответственно бельгийским голубым и герефордским помесам. По среднесуточному приросту помесные бычки превосходили своих чистопородных сверстников на 11,1 и на 4,4%, соответственно указанным генотипам. Суточная продуктивности тёлочек была выше у помесных животных на 11,3 и 4,4%, соответственно. Затраты кормов на единицу продукции у бычков-помесей симментал × бельгийская голубая снизились на 8,8%, а у тёлочек этого генотипа – на 6,6%, у помесей от герефордской породы – на 4,1 и 4,3%, соответственно.

Ключевые слова: межпородное скрещивание, помесный молодняк, эффект скрещивания, приросты, затраты кормов, бельгийская голубая порода

Для цитирования: Хакимов И. Н., Власова Н. И., Мударисов Р. М. Приросты и затраты кормов помесного молодняка герефордской и бельгийской голубой пород // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 88-93. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-88-93

Original article

GROWTH AND FEED CONSUMPTION OF CROSSBRED HEREFORD AND BELGIAN BLUE YOUNG STOCK**Ismagil N. Khakimov^{1✉}, Natalya I. Vlasova², Rinat M. Mudarisov³**^{1,2} Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia³ Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia¹ xakimov_2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1640-8436>² n.i.vlasova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4724-4497>³ r-mudarisov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8579-3761>

Abstract. The purpose of the research is to increase the meat productivity of young cattle and the efficiency of beef production by interbreeding cows of combined productivity with bulls of specialized meat breeds. The work presents the results of breeding crossbred young animals obtained from mating Simmental cows with producers of Hereford and Belgian blue breeds in comparison with purebred young Simmental breeds. The results of productivity and feed costs for obtaining gains in young animals during the growing period from birth to the age of 18 months are given. The mixed-breed young animals showed a noticeable effect of heterocyst in fattening qualities. It was found that the crossing of the Simmental breed of combined productivity with meat breeds makes it possible to increase the live weight of young animals at the age of 18 months by 9.8 and 3.5%, respectively, to Belgian blue and Hereford crossbreeds. In terms of average daily growth, crossbred bulls outperformed their purebred peers by 11.1% and 4.4%, respectively, according to the indicated genotypes. The daily productivity of heifers was higher in crossbreed animals by 11.3% and 4.4%, respectively. Feed costs per unit of production decreased by 18.8% in Simmental × Belgian blue crossbreeds, and by 6.6% in heifers of this genotype, and by 4.1% and 4.3% in Hereford crossbreeds, respectively.

Keywords: Interbreed crossing, crossbred young animals, crossing effect, gains, feed costs, Belgian blue breed

For citation: Khakimov, I. N., Vlasova, N. I. & Mudarisov, R. M. (2025). Growth and feed consumption of crossbred Hereford and Belgian Blue young stock. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 88-93. (In Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-88-93

Решение проблемы продовольственной безопасности страны в период санкционной войны, объявленной против нашей страны западной коалицией, остаётся одной из главных задач, стоящих перед животноводом. Производство говядины в последние годы возрастало вплоть до 2021 года. Например, в 2019 году было произведено 1609,0 тыс. тонн говядины. Объем производства говядины в России в убойном весе во всех категориях хозяйств в 2020 году составил 1 630,7 тыс. тонн (в живом весе – 2 836,2 тыс. тонн, в убойном весе, что на 0,3% или на 5,6 тыс. т больше, чем в 2019 году. За 5 лет (по отношению к 2015 году) производство увеличилось на 0,8% или на 13,6 тыс. т, за 10 лет (по отношению к 2010 году) – сократилось на 4,7% (на 80,8 тыс. тонн), за 15 лет (к 2005 году) – на 9,9% или на 178,5 тыс. тонн. [8].

Наибольшего значения в стране производство говядины достигло в 2021 году, когда было произведено 1673,5 тыс. тонн. В следующий год было произошло снижение производства говядины на 3,2%, или до 1620,7 тыс. тонн. Такое положение дел вызывает определённые вопросы о причинах и последствиях данной тенденции получения мяса крупного рогатого скота. До 2022 года увеличивалось производство говядины в убойном весе в КФХ и подсобных хозяйствах граждан за этот период на 10,4%, что свидетельствует о повышении роли ЛПХ в отрасли и их вклада в общее производство ценного мяса. В 2022 году производство говядины в этих мелких хозяйствах также сократилось – на 2,5% и составило 820,3 тыс. тонн. Эти статистические данные о производстве мяса крупного рогатого скота в стране вызывают определённые тревоги [7].

Анализ общего производства мяса в 2023 г. показывает, что товаропроизводители страны произвели свыше 16 млн тонн мяса свиней, птицы, баранины, козлятины и говядины в живом весе. При этом, убойная масса составила более 11,5 млн тонн. Таким образом, в 2023 г было произведено мяса на 2% больше, чем в 2022 г. [8].

Генеральный директор Национального союза производителей говядины, член Экспертного совета Национального аграрного агентства Роман Костюк утверждает, что в прошлом году в стране мяса крупного рогатого скота заготовили немногим меньше – 1 млн 640 тыс. тонн. Рост наблюдается, но можно ли его назвать существенным – ответ на поверхности и для многих очевиден. «Тот незначительный рост производства говядины, который зафиксирован Росстатом на уровне 7-8% – это скорее статистическая погрешность из-за обновления стада в молочных комплексах, чем производство мяса говядины специализированным образом», – поясняет Р. Костюк [7].

В настоящее время сложилась интересная ситуация: цены на говядину в последнее время стабильно растут, в тоже время, практики заниматься мясным скотоводством не оказывают рвения. Известно, что себестоимость говядины априори выше, чем себестоимость мяса курицы и свинины из-за высоких затрат и долгого времени производства. Однако, есть много производств, выгоду от которых ожидают годами. Но, такое положение дел почему-то не отпугивает инвесторов. В чём здесь загвоздка? Р. Костюк отмечает, что крупных инвестиционных проектов в мясном скотоводстве в 2023 году не было, и производство говядины, в основном, опиралось на базис 2022-2021 годов. Следовательно, в 2024 году заметного наращивания производства также не ожидается. Это прогнозируется исходя из того, что в прошлом году не было крупных инвестиций в развитие маточных стад, которое бы дало нам сырьевую базу с отсрочкой в год-два.

Снижается также потребление говядины в расчёте на душу населения. Например, в период 2014-2020 гг. он упал до 12,8 кг в год, что на 36% ниже рекомендуемых рациональных норм потребления (20 кг). Однако в 2024 году ожидался рекорд потребления мяса в России – 83 кг мяса, в том числе 14 кг говядины в расчёте на 1 человека [3].

Следовательно, для решения проблемы увеличения производства говядины, с целью обеспечения продовольственной безопасности страны и доведения рекомендуемых рациональных норм потребления до нормативных, нужно безотлагательно увеличивать собственное производство говядины не менее чем в 1,5 раза [4, 13].

Решить данную важную задачу в стране, можно только при значительном увеличении поголовья животных мясных пород или при резком повышении продуктивности животных, в течение всего времени выращивания [1, 2, 3]. В природе существует биологический феномен – явление гетерозиса, который широко используется в птицеводстве, свиноводстве, овцеводстве и мясном скотоводстве. Этот феномен может помочь решить проблему увеличения мясного поголовья при одновременном повышении продуктивности за счёт скрещивания коров молочных и мясомолочных пород с быками специализированных мясных пород. По мнению многих авторов гетерозис чётко проявляется при скрещивании коров молочного и комбинированного направления продуктивности с быками специализированных мясных пород [7, 8, 9].

Он же является одним из наиболее быстрых и эффективных методов улучшения качества мяса продуктивных животных [6, 10, 11, 12].

Следовательно, использование межпородного скрещивания является мощным элементом интенсификации производства говядины, улучшения мясных качеств и повышения уровня рентабельности мясного скотоводства и широко используется в практике животноводства многих стран мира [14, 15, 16].

Повышение продуктивности у помесей, по сравнению с родительскими формами, объясняется эффектом гетерозиса, основанного на комбинативной изменчивости и удачного сочетания у потомков генов, ответственных за проявление откормочных и мясных качеств, а также удачным сочетанием отличительных биотехнологических и хозяйственно-полезных свойств животных отдельных пород [4, 5].

Цель исследований: повышение продуктивности и снижение затрат кормов при выращивании молодняка крупного рогатого скота методом межпородного скрещивания коров двойного направления продуктивности с производителями мясных пород.

Задача исследований: определение продуктивности и затрат кормов при выращивании помесного молодняка, полученного от коров симментальской породы при осеменении с быками бельгийской голубой и герефордской пород, в сравнительном аспекте с чистопородным симментальским молодняком.

Материалы и методы исследований. В данных исследованиях объектом изучения является эффект проявления гибридной силы (гетерозис), который наблюдается при скрещивании животных разных пород.

Материалом для исследования послужил молодняк в возрасте от рождения до 18-месячного возраста, выращенного по технологии мясного скотоводства в одинаковых условиях кормления и содержания. В полугодовалом возрасте произвели отъём телят от матерей и содержали на открытых выгульно-кормовых площадках, оснащённых соломенно-земляными курганами группами в отдельных секциях. Эти площадки совмещены с типовыми капитальными помещениями для беспривязного содержания мясного скота, где прошла зимовка скота и куда имеется свободный доступ в любое время. В стойловый период содержание беспривязное на глубокой несменяемой подстилке в секциях типовых помещениях, с предоставлением свободного моциона на выгульно-кормовых площадках.

Молодняк был распределён на 6 групп в зависимости от пола и происхождения. Первая, третья, пятая группы были сформированы из бычков. Причём, первая группа – помесные бычки, полученные от коров симментальской породы комбинированного направления после осеменения с быками породы герефорд, третья группа – помеси от симментальских коров с быками бельгийской голубой породой, пятая группа – чистопородные симментальские бычки. Во второй, четвёртой и шестой группах были тёлочки соответствующих генотипов.

Кормили животных кормами собственной заготовки и кормовыми добавками по нормам кормления молодняка мясного скота, разработанным ВИЖ.

Для изучения продуктивности молодняка проводили индивидуальное взвешивание молодняка утром до кормления при рождении, в 6, 8, 12, 15 и 18 месяцев. По результатам взвешивания определяли абсолютный, среднесуточный и относительные приросты. Затраты кормов определяли, как разницу между заданными кормами и остатками корма с последующим пересчётом на 1 кг прироста.

Результаты исследований. Известно, что говядина является высокоценным продуктом питания, содержащим необходимые для питания человека протеины и аминокислоты. Говядину высокого качества получают от молодняка специализированных мясных пород или от помесей, полученных от коров молочных или молочно-мясных пород после спаривания с быками мясных пород, после выращивания и откорма по технологии специализированного мясного скотоводства.

Эффективность производства высококачественного мяса крупного рогатого скота возможна только при полной реализации потенциала мясной продуктивности молодняка, заложенного в генетических ресурсах разных пород скота, и при обязательном обеспечении оптимальными условиями кормления и содержания в процессе выращивания и откорма молодняка.

Межпородное скрещивание является одним из действенных факторов повышения продуктивности мясных животных, в том числе крупного рогатого скота. Феномен гетерозиса, проявляющийся при кроссировании разных пород, является одним из мощных биологических факторов, в случае удачного подбора родительских пород и содержания гибридных потомков в хороших условиях кормления и содержания, благоприятствующих увеличению живой массы и повышению мясной продуктивности. Известно, что эффект гетерозиса хорошо проявляется по откормочным и мясным признакам у крупного рогатого скота, свиней, овец, птицы, кроликов и др. При этом кроссбредное потомство отличается обогащённым генотипом из-за наличия комбинативной изменчивости в ходе обмена участками хромосом при половом размножении. В тоже время, помеси хорошо наследуют мясные признаки, характерные специализированным мясным породам из-за высокого коэффициента их наследуемости. Но, эффект гетерозиса проявляется не во всех случаях и не всем признакам. Важным условием проявления гибридной силы у помесного молодняка является сочетаемость пород, участвующих при межпородном скрещивании. В случае удачного подбора исходных пород, гетерозис проявляется по откормочным и мясным качествам, таким как живая масса, масса туши, убойная масса, убойный выход и содержание мякоти в туше и другим.

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что осеменение коров симментальской породы комбинированного направления продуктивности семенем быков-производителей специализированных мясных пород – герефордской и бельгийской голубой, позволило повысить приросты помесного молодняка и получить в возрасте 18 месяцев более тяжеловесный молодняк, по сравнению с выращиванием чистопородного симментальского молодняка.

Известно, что живая масса животных мясного направления продуктивности является важным и наиболее информативным признаком, характеризующим рост и развитие молодняка. Результаты изучения динамики живой массы помесного молодняка приведены в таблице 1.

Таблица 1

Живая масса молодняка при рождении и в возрасте 18 месяцев

Группа	Живая масса, кг	
	при рождении	18 месяцев
1	30,8±0,36	557,5±6,32
3	30,5±0,26	590,9±6,62
5	34,2±0,24	538,4±6,21
2	28,3±0,30	514,5±6,22
4	28,5±0,36	546,7±6,56
6	32,4±0,22	498,2±6,19

В ходе исследований были установлены значительные различия по живой массе молодняка разных групп в зависимости от генотипа в разные возрастные периоды.

С наибольшей живой массой рождались чистопородные телята симментальской породы – бычки имели массу 34,2 кг, а тёлочки – 32,4 кг. Бычки достоверно превосходили животных первой группы на 3,4 кг или на 11,0%, при $P \geq 0,999$, а животных 3 группы – на 3,7 кг, или на 12,1%, при $P \geq 0,999$.

Среди тёлочек чистопородные симментальские тёлочки также рождались самыми крупными – с массой 32,4 кг. Их преимущество по этому признаку составило 4,1 кг, по сравнению с массой помесных тёлочек 2 группы, полученных при спаривании коров симментальской породы с быком герефордом, ($P \geq 0,999$) и 3,9 кг, по сравнению с массой помесных тёлочек 4 группы (помеси от быка бельгийской голубой породы) ($P \geq 0,999$).

Но, в возрасте полутора лет животные из чистокровных групп (5 и 6 группы) имели наименьшую живую массу, по сравнению с помесными группами.

В конце выращивания кроссбредные бычки третьей группы имели самую большую живую массу 590,9 кг, что больше, чем у чистопородных сверстников на 52,5 кг, и составляет 9,7%, $P \geq 0,999$. Так же, они превзошли своих сверстников из группы герефордских помесей на 33,4 кг (на 6,0%, $P \geq 0,99$). В свою очередь, полукровки первой группы превосходили чистопородных

симменталов на 19,1 кг или на 3,5%, при $P \geq 0,95$. Кроссбредные телки симментал×бельгийская голубая оказались самыми тяжеловесными среди тёлочек – 546,7 кг, а их масса на 48,5 кг больше, чем у чистопородных тёлочек, то есть на 9,7%, при $P \geq 0,999$ и на 32,2 кг больше, чем масса помесных животных 2 группы и на 6,3%, при достоверности разницы $P \geq 0,99$. В тоже время, помеси второй группы превзошли своих чистопородных сверстниц на 16,3 кг или на 3,3%.

Таким образом, можно констатировать факт, что межпородное скрещивание при рассматриваемых вариантах оказывает положительное действие на живую массу молодняка.

Достоверные различия по живой массе молодняка установились за счёт различной энергии роста чистопородного и кроссбредного молодняка (табл. 2).

Таблица 2

Приросты опытного молодняка в период от рождения до 18 месяцев

Группа	Прирост		
	абсолютный, кг	среднесуточный, г	относительный, %
бычки			
1	526,7±7,25	962,0±13,24	179,1±1,01
3	560,4±8,12	1024,5±14,08	180,4±1,27
5	504,2±7,74	921,7±13,18	176,1±1,12
тёлочки			
2	486,2±7,04	888,8±12,62	179,1±1,11
4	518,2±8,38	947,3±15,89	180,2±1,23
6	465,8±7,01	851,5±12,33	175,6±1,20

Наибольший абсолютные прирост продемонстрировали помесные бычки симментальской породы с бельгийской голубой, который у них достиг 560,4 кг. Это больше, чем у симментальских сверстников на 56,2 кг или на 11,1%, при достоверности разницы $P \geq 0,999$, в тоже время, по наращиванию живой массы они превосходили также другую помесную группу – на 33,7 кг, что составило 6,4%, при $P \geq 0,99$. Тем не менее, эффект межпородного скрещивания наблюдался также у других бычков-помесей первого поколения, в виде их достоверного превосходства над приростом симментальских сверстников на 22,5 кг или на 4,5%, при $P \geq 0,99$.

Тенденция превосходства полукровных помесей по абсолютному приросту над ауткроссным молодняком также была установлена у тёлочек. Так, полукровные симментал×бельгийские телки превзошли по абсолютному приросту тёлочек шестой группы на 52,4 кг или на 11,2%, с уровнем достоверности $P \geq 0,999$, а симментал×герефордские телки превосходили чистопородных животных на 20,4 кг, (4,4%, при $P \geq 0,95$). Кроме того, было установлено превосходство тёлочек 4 группы над животными 2 группы на 32,0 кг или на 6,6%, $P \geq 0,99$.

В период выращивания наибольшая суточная продуктивность молодняка была установлена у кроссбредных бычков 3 группы. Они в среднем за сутки прирастали более, чем на 1 кг – на 1024,5 г. Это на 102,8 г больше, чем у чистопородных сверстников (11,1%, при $P \geq 0,999$) и на 62,5 г больше, чем у помесей от герефордской породы (6,5%, $P \geq 0,99$). В свою очередь, помесные бычки, полученные от герефордского быка, достоверно превосходили симментальских бычков на 40,3 г или на 4,4% ($P \geq 0,95$).

Примерно такая же картина превосходства по энергии роста помесных животных над чистопородными, наблюдается и у тёлочек. Так, симментал×бельгийская голубая полукровки превосходят симментальских сверстниц на 95,8 г, что составляет 11,3%, $P \geq 0,999$. А их превосходство над сверстницами из другой помесной группы составило 58,5 г или 6,6%, $P \geq 0,99$. Молодняк 2 группы превосходил животных 6 группы на 37,3 г (4,4%, $P \geq 0,95$).

Известно, что абсолютный и среднесуточный приросты животных показывает энергию роста молодняка (продуктивность), но они не показывают напряжённость организма во время роста, так как животные разных групп имеют различную живую массу в начале периода. Показателем напряжённости роста является относительный прирост, показывающий на сколько процентов животное, выросло за промежуток времени относительно своей первоначальной массы. Наибольшим относительным приростом обладал кроссбредный молодняк, полученный от быка бельгийской голубой породы (180,2-180,4 %), что достоверно выше, чем в группах чистопородного молодняка на 4,6 и 4,3 процентных пункта, соответственно тёлкам и бычкам ($P \geq 0,95$). Помеси первого поколения молодняка, полученного от герефордского быка, имели одинаковую напряжённость роста – 179,1 %, как у бычков, так и у тёлочек, что, соответственно, больше, чем у чистопородных животных на 3,0 и 3,5 процентных пункта.

На современном этапе развития мясного скотоводства для эффективного производства говядины, нужны животные, обладающие способностью эффективно усваивать корма и хорошо их конверсировать в продукцию. В связи с этим, затраты кормов в расчёте на 1 кг прироста, являются одним из важных показателей экономической оценки результатов выращивания мясного скота.

Нашими исследованиями установлено, что опытный молодняк отличался в разрезе групп по эффективности использования кормов (табл. 3).

Помесный симментал×бельгийская голубая молодняк, использует корма наиболее эффективно. Бычки четвертой и телки третьей группы превосходили своих чистопородных сверстников на 0,61 и 0,71 ЭКЕ, что составляет 8,8 и 6,6%, соответственно. Помесные тёлочки, полученные от быка герефордской породы, превзошли чистопородных сверстниц на 0,30 ЭКЕ (на 4,3%), а бычки этого генотипа – на 0,32 ЭКЕ (на 4,1%).

Таблица 3

Затраты питательных веществ рациона на 1 кг прироста

Показатель	Группа					
	тёлочки			бычки		
	1	3	5	2	4	6
Прирост, кг	526,7	560,4	504,2	486,2	518,2	465,8
ЭКЕ	7,28	6,96	7,57	7,51	7,11	7,83
Обменной энергии, МДж	72,77	69,60	75,68	75,12	71,14	78,25
Сырого протеина, г	857,2	810,1	892,1	884,0	839,2	922,7
Переваримого протеина, г	693,6	659,0	721,7	715,5	678,9	746,5

Заключение. Проявление гибридной силы у потомков, полученных при скрещивании или гибридизации, давно известно учёным и практикам-животноводам. Хотя механизм действия этого феномена до конца всё ещё не раскрыт. Тем не менее, он широко используется в животноводстве: в свиноводстве, птицеводстве, овцеводстве, кролиководстве и других отраслях животноводства. В мясном скотоводстве этот биологический феномен используется для повышения продуктивности и улучшения мясных качеств молодняка. В последнее время всё больше для этих целей скотоводы многих стран используют быков бельгийской голубой породы, обладающей исключительно высокими показателями, характеризующими мясные качества крупного рогатого скота [17, 18].

Наши исследования, проведённые на коровах симментальской породы, показывают эффективность кроссирования с такими породами, как герефордская и бельгийская голубая. После проведения опыта и анализа полученных в ходе него результатов, мы пришли к выводу, что межпородное кроссирование симментальской породы комбинированного направления со специализированными мясными породами – герефордской и бельгийской голубой, обеспечило проявление гибридной силы по основным откормочным качествам. Спаривание коров с быком бельгийской голубой породы обеспечило увеличение живой массы в возрасте 18 месяцев бычков до 590,9 кг, а с быком породы герефорд – до 557,5 кг, что больше, чем у чистопородных бычков на 52,5 и 19,1 кг или на 9,8 и 3,5%. По среднесуточному приросту помесные бычки превосходили своих чистопородных сверстников на 11,1 и на 4,4%, соответственно. Разница в суточной продуктивности тёлочек была выше у помесных животных на 11,3 и 4,4%. Затраты кормов на единицу продукции у бычков-помесей симментал×бельгийская голубая снизились на 10,3, а у тёлочек этого генотипа – на 10,1%, у помесей от герефордской породы – на 4,1 и 4,3%, соответственно.

Список источников

- Басонов О. А., Шкилев Н. П., Асадчий А. А. Эффективность выращивания чистопородных и помесных бычков герефордской породы // Экономика сельского хозяйства России. 2019. №8. С.61-65. DOI: [10.32651/198-61](https://doi.org/10.32651/198-61) EDN: [CLRHNH](https://elibrary.ru/CLRHNH)
- Быкова О. А. Комарова Н. К., Мироненко С. И., Ермолова Е. М., Кубатбетов Т. С., Салихов А. А. Качество мясной продукции бычков симментальской породы и её помесей с красным степным и чёрно-пёстрым скотом // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 1(81). С. 169-172. EDN: [PDTKAE](https://elibrary.ru/PDTKAE)
- Хамлеева И. В. производстве говядины в 2024 году не ожидается существенного роста // Национальное аграрное агентство [Электронный ресурс]. URL: <https://rosng.ru/post/v-proizvodstve-govyadiny-v-2024-godu-ne-ozhdayet-sya-sushchestvennogo-rosta>
- Кибкало Л. И., Гончарова Н. А., Грошевская Т. О., Кудрявцова Т. Э., Мамонтов Н. С. Перспективы развития мясного скотоводства в Центральном Черноземье // Вестник Курской сельскохозяйственной академии. 2018. №1. С.31-35. EDN: [YVHSWE](https://elibrary.ru/YVHSWE)
- Косилов В. И., Калякина Р. Г., Старцева Н. В. Влияние скрещивания скота разного направления продуктивности на качество мясной туши молодняка // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики. 2020. № 8-1. С. 202-210. EDN: [QNKFTL](https://elibrary.ru/QNKFTL)
- Куклева М. М., Власова Н. И., Хакимов И. Н. Продуктивность помесного молодняка, полученного от быков мясных пород // Научные приоритеты современной ветеринарной медицины, животноводства и экологии в исследованиях молодых учёных. 2021. С.145-149. EDN: [DKLFUI](https://elibrary.ru/DKLFUI)
- Производство говядины в России // Экспертно-аналитический центр агробизнеса [Электронный ресурс]. URL: <https://ab-centre.ru/page/proizvodstvo-govyadiny-v-rossii>
- Производство мяса в России в 2023 году // Агромикс. [Электронный ресурс]. URL: <https://agromix.ru/novosti/proizvodstvo-myasa/>
- Карабут Т. Россия обновит рекорд по производству мяса в 2024 году // RGRU. [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2024/02/20/za-milui-tushu.html>
- Стенькин Н. И. Скрещивание бестужевской породы с герефордской и мясная продуктивность их помесей // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №1(61). С. 150-153. DOI: [10.18286/1816-4501-2023-1-150-154](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2023-1-150-154) EDN: [QXCKYP](https://elibrary.ru/QXCKYP)
- Хакимов И. Н., Куклева М. М., Мударисов Р. М. Эффективность межпородного скрещивания в мясном скотоводстве // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, биотехнологии и морфологии : сб. научных трудов, 2021. С. 251-255. EDN: [QXVOFL](https://elibrary.ru/QXVOFL)
- Хакимов И. Н., Власова Н. И., Мударисов Р. М., Григорьев В. С. Продуктивность кроссбредного молодняка мясного скота // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №2. С. 45-52. DOI: [10.55170/19973225_2023_8_1_45](https://doi.org/10.55170/19973225_2023_8_1_45) EDN: [KTUKNK](https://elibrary.ru/KTUKNK)
- Чуворкина Т. Н., Кадыкова О. Ф., Алексеева С. Н., Гурьянова Н. М. Выращивание и разведение крупного рогатого скота породы герефорд в крестьянском (фермерском) хозяйстве // Нива Поволжья. 2020. №4 (57). С. 74-79. DOI: [10.36461/NP.2020.57.4.016](https://doi.org/10.36461/NP.2020.57.4.016) EDN: [ZPJZOS](https://elibrary.ru/ZPJZOS)
- Keane M. G. Ranking of Sire breeds and beef Cross Breeding of Dairy and Beef Cows // Grange Beef Research Centre Ossasional Series. Teagasc. 2011. №9. P. 236-241.
- Kress D. D., Doombos D. E., Andersen D. S. Performance of crosses among Hereford Angus Simmental cattle with deferent levels of Simmental breeding // J. anim. Sci : material and calf production by two-year - old dams. 2002. Vol. 68. №1. P. 54-63.
- Martin N., Schreurs N., Morris S., Lopez-Villalobos N. Sire Effects on Post-Weaning Growth of Beef-Cross-Dairy Cattle: A Case Study in New Zealand // Animals: Basel, 2020. (12):2313. DOI: [10.3390/ani10122313](https://doi.org/10.3390/ani10122313) EDN: [PUAWNK](https://elibrary.ru/PUAWNK)

17. Mendonça F. S., MacNeil M. D., Leal W. S., Azambuja R. C. C., Rodrigues P. F., Cardoso F. F. Crossbreeding effects on growth and efficiency in beef cow-calf systems: evaluation of Angus, Caracu, Hereford and Nelore breed direct, maternal and heterosis effects // *Transl Anim Sci.* 2019 Jul; № 3(4): P.1286-1295. DOI: [10.1093/tas/txz096](https://doi.org/10.1093/tas/txz096)
18. Favero R., Menezes G. D. O., Torres Jr R. A. A., Silva L. O. C., Bonin M. N., Feijó G. L. D., Gomes R. D. C. Crossbreeding applied to systems of beef cattle production to improve performance traits and carcass quality // *Animal.* 2019. № 13 (11). P. 2679-2686. DOI: [10.1017/S1751731119000855](https://doi.org/10.1017/S1751731119000855)

References

1. Basonov, O. A., Shkilev, N. P., & Asadchiy, A. A. (2019). Efficiency of Growing Purebred and Crossbred Hereford Calves. *Russian Agricultural Economics*, (8), 61-65. (In Russian). DOI: [10.32651/198-61](https://doi.org/10.32651/198-61) EDN: [CLRHNV](https://www.edn.ru/CLRHNV)
2. Bykova, O. A., Komarova, N. K., Mironenko, S. I., Ermolova, E. M., Kubatbetov, T. S., & Salikhov, A. A. (2020). Quality of meat products of Simmental bulls and their crosses with red steppe and black-and-white cattle. *Izvestiya of the Orenburg State Agrarian University*, (1 (81)), 169-172. (In Russian). EDN: [PDTKAE](https://www.edn.ru/PDTKAE)
3. Khamleeva I. (2024). Significant growth is not expected in beef production in 2024. *National Agrarian Agency Appeal*. Retrieved from file: <https://rosng.ru/post/v-proizvodstve-govyadiny-v-2024-godu-ne-ozhidayet-sya-sushchestvennogo-rosta>. (In Russian).
4. Kibkalo, L. I., Goncharova, N. A., Groshevskaya, T. O., Kuravtsova, T. E., & Mamontov, N. S. (2018). Prospects for the Development of Beef Cattle Breeding in the Central Chernozem Region. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, (1), 31-35. (In Russian). EDN: [YVHSWE](https://www.edn.ru/YVHSWE)
5. Kosilov V. I., Kalyakina R. G., Startseva N. V. (2020). The influence of cattle crossing in different areas of productivity on the quality of meat carcasses of young animals. *Scientific Bulletin of the State Educational Institution of the Lugansk People's Republic*. 8-1. 202-210. (In Russian). EDN: [QNKTFI](https://www.edn.ru/QNKTFI)
6. Kukleva, M. M., Vlasova, N. I., & Khakimov, I. N. (2021). Productivity of crossbred young animals obtained from beef breed bulls. *Scientific Priorities of Modern Veterinary Medicine, Animal Husbandry, and Ecology in the Research of Young Scientists* (pp. 145-149). (In Russian). EDN: [DKLFUI](https://www.edn.ru/DKLFUI)
7. Beef production in Russia. *Expert and analytical center of agribusiness* Retrieved from file: <https://ab-centre.ru/page/proizvodstvo-govyadiny-v-rossii> (In Russian).
8. Production of meat in Russia in 2023. *Agromix*. Retrieved from file: <https://agromix.ru/novosti/proizvodstvo-myasa/> (In Russian).
9. Karabut T. Russia will update the record for meat production in 2024. *RGRU*. Retrieved from file: <https://rg.ru/2024/02/20/za-milui-tu-shu.html>. (In Russian).
10. Stenkin, N. I. (2023). Crossing of the Bestuzhev breed with the Hereford breed and the meat productivity of their crossbreeds. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skhozajstvennoy akademii (Vestnik of Ul'yanovsk state agricultural academy)*, 1 (61), P.150-153 (In Russian). DOI: [10.18286/1816-4501-2023-1-150-154](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2023-1-150-154) EDN: [QXCKYP](https://www.edn.ru/QXCKYP)
11. Khakimov, I. N., Kukleva, M. M. & Mudarisov, R. M. (2021). Efficiency of interbreeding in beef cattle breeding. *Actual problems of veterinary medicine, biotechnology and morphology : collection of scientific papers*. 251-255. (In Russian). EDN: [QXVOFL](https://www.edn.ru/QXVOFL)
12. Khakimov, I. N., Vlasova, N. I., Mudarisov, R. M., & Grigoriev, V. S. (2023). Productivity of cross-breed youth of meat cattle. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoy selskokhozajstvennoy akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, (2), 45-52. (In Russian). DOI: [10.55170/19973225_2023_8_1_45](https://doi.org/10.55170/19973225_2023_8_1_45) EDN: [KTUKHK](https://www.edn.ru/KTUKHK)
13. Chuvorkina, T. N., Kadykova, O. F., Alekseeva, S. N., & Guryanova, N. M. (2020). Growing and Breeding Hereford Cattle on a Peasant (Farmer) Farm. *Niva Povolzhya*, (4 (57)), 74-79. (In Russian). DOI: [10.36461/NP.2020.57.4.016](https://doi.org/10.36461/NP.2020.57.4.016) EDN: [ZPJZOS](https://www.edn.ru/ZPJZOS)
14. Keane, M. G. (2011). Ranking of Sire breeds and beef Cross Breeding of Dairy and Beef Cows. *Grange Beef Research Centre Occasional Series. Teagasc*. №9. 236-241.
15. Kress, D. D., Doombos, D. E. & Andersen, D. S. (2002). Performance of crosses among Hereford Angus Simmental cattle with deferent levels of Simmental breeding. *J. anim. Sci. : material and calf production by two-year - old dams*. 68. 1. P. 54-63.
16. Martín, N., Schreurs, N., Morris, S., López-Villalobos, N., McDade, J., & Hickson, R. (2020). Sire effects on post-weaning growth of beef cross-dairy cattle: A case study in New Zealand. *Animals*, 10(12), 2313. DOI: [10.3390/ani10122313](https://doi.org/10.3390/ani10122313) EDN: [PUAWNK](https://www.edn.ru/PUAWNK)
17. Mendonça, F. S., MacNeil, M. D., Leal, W. S., Azambuja, R. C., Rodrigues, P. F., & Cardoso, F. F. (2019). Crossbreeding effects on growth and efficiency in beef cow-calf systems: evaluation of Angus, Caracu, Hereford and Nelore breed direct, maternal and heterosis effects. *Translational Animal Science*, 3(4), 1286-1295. DOI: [10.1093/tas/txz096](https://doi.org/10.1093/tas/txz096)
18. Favero R., Menezes G. D. O., Torres Jr R. A. A., Silva L. O. C., Bonin M. N., Feijó G. L. D. & Gomes R. D. C. (2019). Crossbreeding applied to systems of beef cattle production to improve performance traits and carcass quality. *Animal*, 13(11), 2679-2686. DOI: [10.1017/S1751731119000855](https://doi.org/10.1017/S1751731119000855)

Информация об авторах:

И. Н. Хакимов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
 Н. И. Власова – кандидат сельскохозяйственных наук;
 Р. М. Мударисов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Information about the authors:

I. N. Khakimov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
 N. I. Vlasova – Candidate of Agricultural Sciences;
 R. M. Mudarisov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 5.06.2025; одобрена после рецензирования 30.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.
 The article was submitted 5.06.2025; approved after reviewing 30.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 636.2.085

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-94-99

ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ С ГЕПАТОПРОТЕКТОРНЫМ ДЕЙСТВИЕМ НА УРОВЕНЬ ПОВЫШЕНИЯ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ РАЗНЫХ ТИПОВ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**Юрий Янисович Кравайнис¹, Раиса Степановна Кравайне², Владимир Степанович Шкрабак^{3✉}, Роман Владимирович Шкрабак⁴**^{1, 2, 4} Ярославский НИИЖК-филиал ФНЦ ВИК им. В.Р.Вильямса, Ярославль, Россия^{3, 4} Санкт-Петербургский государственной аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия¹ yaniizhk-otg@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6637-7263>² yaniizhk-otg@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-1061-6826>³ v.shkrabak@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3331-624X>⁴ shkrabakrv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0128-0510>

Реферат. В опыте, проведенном в ЗАО «Татищевское» Ростовского района Ярославской области, изучено влияние скармливания кормовой добавки «Жмых расторопши» обладающей гепатопротекторным действием на уровень повышения молочной продуктивности коров разных типов высшей нервной деятельности. Для опыта было отобрано 80 лактационных кривых после второй законченной лактации, и по их характеристике по принципу пар-аналогов сформировано 4 группы коров по 20 голов в каждой. В первую группу вошли коровы сильного уравновешенного подвижного типа (СУП) ВНД, во вторую сильного уравновешенного инертного типа (СУИН) ВНД, в третью – сильного неуравновешенного типа ВНД (СНУ), в четвертую – слабого типа (СЛ) ВНД. Перед третьей лактацией, в сухостойный период, каждая группа была разделена на 2 подгруппы по 10 голов в каждой. В каждой группе первая подгруппа была контрольной, вторая – опытной. Контрольная подгруппа получала основной рацион, опытная основной рацион с кормовой добавкой «Жмых расторопши», в количестве 100 г на голову в сутки, курсами с первых суток отёла. Продолжительность курса составляла 45 суток с перерывом на 45 суток. За период опыта проведено 3 курса. Исследованиями выявлено, что скармливание кормовой добавки «Жмых расторопши» повышало молочную продуктивность коров у каждого типа ВНД, но разница по уровню повышения в подгруппах коров разных типов ВНД была не одинаковой и наибольшей у СУП типа. В группе СУП типа разница между контрольной и опытной подгруппой составляла 518,4 кг (6,96%), в группе СУИН типа 502,1 кг (6,86%), в группе СНУ типа 296,5 кг (4,17%), в группе СЛ типа 134 кг (2,08%). Расход корма на производство 1 кг молока был меньше в группе СУП типа и составлял в контрольной подгруппе 0,915 ЭКЕ, в опытной – 0,857 ЭКЕ, в подгруппах СУИН типа 0,927 ЭКЕ и 0,870 ЭКЕ, в СНУ типа 0,945 ЭКЕ, и 0,909 ЭКЕ, и СЛ типа 1,03 и 1,01 ЭКЕ. Разница между подгруппами была больше в группе СУП типа и составляла 6,34%, в группе СУИН 6,12 %, в группе СНУ 3,81%, в группе СЛ типа 1,94%. Затраты корма 1 кг молока были меньше в опытных подгруппах. В контрольной подгруппе СУП типа затрачено 13,35 руб., в опытной 12,52 руб., в контрольной подгруппе СУИН типа 13,53 руб., в опытной – 12,70 руб., в контрольной подгруппе СНУ типа 13,80 руб., в опытной – 13,28 руб., в контрольной подгруппе СЛ типа 15,06 руб., в опытной 14,80 руб. Разница между подгруппами была больше в группе СУП типа на 0,83 руб. (6,22%), в группе СУИН на 0,83 руб. (6,13 %), в группе СНУ на 0,52 (3,77%), в группе СЛ типа 0,26 (1,73) %.

Ключевые слова: кормовая добавка «Жмых расторопши», тип высшей нервной деятельности, коровы, молочная продуктивность, расход кормов

Для цитирования: Кравайнис Ю. Я., Кравайне Р. С., Шкрабак В. С., Шкрабак Р. В. Влияние кормовой добавки с гепатопротекторным действием на уровень повышения молочной продуктивности коров разных типов высшей нервной деятельности // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. Т. 10, № 4. С. 94-99. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-94-99

Original article

THE EFFECT OF A FEED ADDITIVE WITH A HEPATOPROTECTIVE EFFECT ON THE LEVEL OF INCREASED MILK PRODUCTIVITY OF COWS OF DIFFERENT TYPES OF HIGHER NERVOUS ACTIVITY**Yuri Ya. Kravainis¹, Raisa S. Kravine², Vladimir S. Shkrabak^{3✉}, Roman V. Shkrabak²**^{1, 2, 4} Yaroslavl Scientific Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production-branch of the V.R.Williams Scientific Research Center of the Russian Academy of Sciences, Yaroslavl, Russia^{3, 4} St. Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russia¹ yaniizhk-otg@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6637-7263>² yaniizhk-otg@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-1061-6826>³ v.shkrabak@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3331-624X>⁴ shkrabakrv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0128-0510>

Abstract. In an experiment conducted at JSC Tatishchevskoye in the Rostov region of the Yaroslavl region, the effect of feeding the milk Thistle cake supplement, which has a hepatoprotective effect on the level of increased dairy productivity of cows of different types of higher nervous activity, was studied. For the experiment, 80 lactation curves were selected after the second completed lactation, and according to their characteristics, 4 groups of cows with 20 heads each were formed according to the principle of pairs of analogues. The first group included cows of a strong balanced mobile type (SOUP) GNI, in the second strong equalized inert type (SUIN) GNI, in the third – a strong unbalanced type of GNI (SNU), in the third – a weak type (SL) of GNI. Before the third lactation, during the dry period, each group was divided into 2 subgroups of 10 heads each. In each group, the first subgroup was a control group, the second was an experimental one. The control subgroup received the basic diet, the experimental basic diet with the feed additive "Milk thistle cake", in the amount of 100 g per head per day, in courses from the first day of calving. The duration of the course was 45 days with a break of 45 days. During the period of experience, 3 courses were conducted. Studies have revealed that feeding the Milk Thistle cake

feed additive increased the dairy productivity of cows in each type of GNI, but the difference in the level of increase in subgroups of cows of different types of GNI was not the same and was greatest in each type. In the SOUP type group, the difference between the control and experimental subgroup was 518.4 kg (6.96%), in the SUIN type group 502.1 kg (6.86%), in the SNU type group 296.5 kg (4.17%), in the SL type group 134 kg (2.08%). The feed consumption for the production of 1 kg of milk was lower in the SOUP type group and amounted to 0.915 EQ in the control subgroup, 0.857 EQ in the experimental subgroup, 0.927 EQ and 0.870 EQ in the SUIN type subgroups, 0.945 EQ and 0.909 EQ in the SNU type, and 1.03 and 1.01 EQ in the SL type. The difference between the subgroups was greater in the SOUP type group and amounted to 6.34%, in the SUIN group 6.12%, in the SNU group 3.81%, in the SL type group 1.94%. Feed costs of 1 kg of milk were lower in the experimental subgroups. In the control subgroup of the SOUP type, 13.35 rubles were spent, in the experimental 12.52 rubles, in the control subgroup of the SUIN type 13.53 rubles, in the experimental 12.70 rubles, in the control subgroup of the SNU type 13.80 rubles, in the experimental 13.28 rubles, in the control subgroup of the SL type 15.06 rubles, in the experimental 14.80 rubles. The difference between the subgroups was greater in the SOUP type group by 0.83 rubles. (6.22%), in the SWIN group by 0.83 rubles (6.13%), in the SNU group by 0.52 (3.77%), in the SL type group by 0.26 (1.73)%.

Keywords: milk thistle cake feed additive, type of higher nervous activity, cows, dairy productivity, feed consumption

For citation: Kravainis, Yu. Ya., Kravine, R. S., Shkrabak, V. S. & Shkrabak, R. V. (2025). The effect of a feed additive with a hepatoprotective effect on the level of increased milk productivity of cows of different types of higher nervous activity. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 94-99. (In Russian). DOI: [10.55170/1997-3225-2025-10-4-94-99](https://doi.org/10.55170/1997-3225-2025-10-4-94-99)

В результате исследований разработан один из возможных путей повышения молочной продуктивности коров, снижения расхода корма, и денежных затрат на единицу продукции. Установлено, что уровень повышения молочной продуктивности коров при скормливании кормовой добавки «Жмых расторопши» зависит от типа ВНД, и наиболее эффективно на молочную продуктивность сильного уравновешенного (подвижного и инертного) типа.

Проблема повышения молочной продуктивности коров соответствующей генетическому потенциалу, остаётся до конца не решённой, и актуальной и до настоящего времени. Эта проблема решается в основном, путём совершенствования рационов кормления, и введения в рацион кормовых добавок разного функционального значения [1-6]. Не представляет секрета, что при равных условиях кормления и содержания, у коров одной и той же породы, молочная продуктивность составляет 8-10 тысяч килограммов молока в год, у других 3-4 тысячи, а до 32 % поголовья выбывает на первой лактации, что указывает на индивидуальные особенности, потенциальные возможности и стрессоустойчивость организма [7-9]. Ещё в 30-е годы прошлого столетия И.П. Павлов установил, что индивидуальные особенности и все виды поведения (продуктивное, пищевое, групповое, оборонительное и другие) обусловлены типами высшей нервной деятельности (ВНД), которые имеют генетическую, врождённую, эволюционно сложившуюся наследственную основу. Он выделил 4 типа: сильный уравновешенный подвижный (СУП) – наиболее жизнеустойчивый, и самый неприспособленный к жизни – слабый (СЛ). Остальные два типа: сильный уравновешенный инертный (СУИН) и сильный неуравновешенный (СНУ) занимают промежуточное положение [10]. Поэтому решение указанной проблемы нельзя рассматривать без учёта типа ВНД. Изучению взаимосвязи типа ВНД с молочной продуктивностью посвящено не много работ [11-14]. Авторами установлено, что молочная продуктивность при равных условиях кормления и содержания больше у животных СУП типа, а у СЛ типа меньше чем у других типов. Нами, наряду с изучением пищевого и продуктивного поведения крупного рогатого скота разных типов ВНД, в течение ряда лет проводятся исследования по изучению влияния кормовых добавок, полученных при переработке растения «Расторопша пятнистая» на качество хозяйственно-полезных признаков всех половозрастных групп крупного рогатого скота. При выборе кормовой добавки мы исходили из того, что при любой клинически видимой патологии, пусковой причиной является нарушение детоксикационной функции печени – центральном органе метаболизма, от состояния которого зависит здоровье организма и соответственно продуктивность. Все продукты переработки расторопши пятнистой являются сильнейшими гепатопротекторами. В них содержатся флавонолигнаны, которые переводят свободные радикалы в нетоксичные соединения и снижают нагрузку на печень по детоксикации [15]. Соответственно улучшаются обменные процессы и здоровье животных, повышается качество всех хозяйственно-полезных признаков, в том числе и молочная продуктивность. В процессе работы мы установили, что уровень повышения молочной продуктивности у разных коров был не одинаков, у одних молочная продуктивность повышалась значительно, у других меньше [16]. Поэтому было сделано предположение что, разница может быть связана с тем, что тип нервной системы не одинаков у разных животных. Работ по изучению влияния кормовых добавок, в том числе и кормовой добавки «Жмых расторопши» на уровень повышения молочной продуктивности коров разных типов ВНД в доступной нам литературе найти не удалось, что послужило основой для проведения исследований.

Цель исследований: повышение молочной продуктивности коров разных типов высшей нервной деятельности при скормливании кормовой добавки «Жмых расторопши».

Материалы и методы исследований. Объектом исследований были коровы ярославской породы улучшенного генотипа, и полученные от них лактационные кривые. Исследования проводились в ЗАО «Татищевское» Ярославской области на ферме «Гаврилково». Коровы находились в равных условиях кормления и привязного содержания. Было отобрано 80 лактационных кривых коров, после второй законченной лактации. Известно, что лактационная кривая генетический признак, и её постоянство сохраняется после второй лактации и в последующие лактации на протяжении всей жизни. Э.П. Кокорина и др. ещё в 1961 г. обнаружила прямую зависимость типа лактационной кривой от типа нервной системы. Для коров СУП типа характерен высокий уровень раздоя и плавный спад к концу лактационного периода, у СУИН типа лактационные кривые идут также плавно, как и у животных СУП типа, но общий уровень их обычно ниже. У СНУ типа характер лактационных кривых в целом тот же, но кривые идут несколько круче и иногда заканчиваются самозапуском. Для животных СЛ типа характерен высокий удой сразу после отёла, но затем быстро падающий до низкого уровня, или устойчивый низкий уровень молочной

продуктивности [17]. Нами для определения типа ВНД были взяты ежемесячные удои по каждой корове за лактацию, проведен их анализ, и по их характеру определен тип ВНД. Согласно типа ВНД, по принципу пар-аналогов было сформировано 4 группы по 20 голов в каждой. В первую группу вошли коровы СУП типа, во вторую СУИН типа, в третью – СНУ типа ВНД, в третью – СЛ типа ВНД. Перед третьей лактацией, в сухостойный период, каждая группа была разделена на 2 подгруппы по 10 голов в каждой. В каждой группе первая подгруппа была контрольной, вторая – опытной. В предыдущих наших работах были и изучены нормы ввода в рацион коров жмыха расторопши в качестве биологически активной добавки. Было установлено, что в среднем норма ввода составляла 155-200 мг/кг живой массы, в среднем 100 г на одно животное в сутки [18]. Контрольные и опытные подгруппы получали одинаковый основной рацион, опытные – основной рацион с добавлением 100 г жмыха расторопши, на голову в сутки, вручную, посыпая на кормосмесь. Жмых расторопши скармливали курсами, 1 раз в сутки, начиная с первых суток после отёла. Курс продолжался 90 суток, из них в течение 45-и суток жмых скармливали, затем был перерыв на 45 суток. В этот период животные получали основной рацион. Второй курс начинался на 91-е сутки, третий на 181-е. В связи с тем, что в группе слабого типа продолжительность лактации колебалась в пределах $290 \pm 8,03$ суток, в других группах для сравнения мы взяли 290 суток лактации. Схема опыта приведена в таблице 1. Учитывали: количество съеденных кормов путём разницы между заданными кормами и их остатками после поедания 1 раз 10 суток, молочную продуктивность по контрольным дойкам 1 раз в десять суток (среднесуточный удой, процентное содержание жира (МДЖ) и процентное содержание белка (МДБ). Расход корма на 1 кг молока определяли расчётным путём: делением количества съеденного корма на количество полученного молока.

Таблица 1

Схема опыта

Тип ВНД	Подгруппы	n	Периоды	
			сухостойный	290 суток лактации
СУП	контрольная	10	основной рацион (ОР)	основной рацион (ОР)
	опытная	10	основной рацион (ОР)	ОР+100г жмыха расторопши
СУИН	контрольная	10	основной рацион (ОР)	основной рацион (ОР)
	опытная	10	основной рацион (ОР)	ОР+100г жмыха расторопши
СНУ	контрольная	10	основной рацион (ОР)	основной рацион (ОР)
	опытная	10	основной рацион (ОР)	ОР+100г жмыха расторопши
СЛ	контрольная	10	основной рацион (ОР)	основной рацион (ОР)
	опытная	10	основной рацион (ОР)	ОР+100г жмыха расторопши

Денежные затраты на корма за 290 суток лактации определяли расчётным путём: количество съеденного корма в сутки умножали на 290 суток и на цену одного килограмма корма, расход корма на один килограмм молока путём деления денежных затрат на 290 суток на количество полученного молока. Полученные данные, обработаны методом математической статистики, по Н. А. Плохинскому и Е. К. Меркурьевой с определением критерия достоверности разницы по Стьюденту [19].

Результаты исследований. Уровень влияния кормовой добавки «Жмых расторопши» на молочную продуктивность коров разных типов ВНД представлен в таблице 2.

Таблица 2

Молочная продуктивность коров разных типов ВНД

Показатели	Тип ВНД, под группы, n = 10 голов в каждой			
	1 - СУП	2 - СУИН	3 - СНУ	4 - СЛ
Длительность лактации, сутки: ± к первой группе	324,7± 6,21	314,7±7,11 -10,0	303,0±8,58* -21,7	290,0±8,03* -34,7
Удой за 290 суток: контрольная, кг опытная, кг ± к контрольной, кг/ %	7445,6±73,4* 7964,0±71,7* +518,4/+6,96	7321,4±62,6* 7823,5±66,2* +502,1/+6,86	7104,2±57,5* 7400,7±54,4* +296,5/+4,17	6441,7±56,3 6575,7±52,2 +134,0/+2,08
Удой по базисной жирности: контрольная, кг опытная, кг ± к контрольной кг/ %	9394,6±81,1 10095,5±86,7 +700,9/+7,46	9216,3±77,7 9894,4±73,2 +678,9/+7,35	8671,3±63,8 9076,7±66,8 +405,4/+4,68	7483,7±64,2 7716,7±57,4 +233,0/+3,11
Среднесуточный удой: контрольная, кг опытная, кг ±к контрольной, кг/ %	25,67±0,81 27,46±0,77 +1,79/+6,97	25,25±1,04 26,98±0,93 +1,73/+6,85	24,50±0,76 25,52±1,02 +1,02/+ 4,16	22,21±1,03 22,67±0,92 +0,46/+2,07
МДЖ: контрольная, % опытная, % ± к контрольной,	4,29±0,101 4,31±0,093 +0,02	4,28±0,087 4,30±0,087 +0,02	4,15±0,092 4,17±0,131 +0,02	3,95±0,85 3,99±0,99 +0,04
МДБ: контрольная, %: опытная, %: ± к контрольной	3,25±0,019 3,31±0,021 +0,06	3,25± 010 3,30±0,10 +0,05	3,22±0,017 3,23±0,013 +0,01	3,26±0,014 3,26±0,009 0,00

Примечание: базисная жирность 3,4%; * - отмечена достоверная разница между подгруппами ($p < 0,05$).

Данные таблицы 2 показывают, что скормливание кормовой добавки «Жмых расторопши» повышало молочную продуктивность коров каждого типа ВНД, но разница по уровню повышения в подгруппах коров разных типов ВНД была не одинаковой. Разница между контрольной подгруппой коров СУП типа не получавшей кормовую добавку «Жмых расторопши» и опытной подгруппой, получавшей «Жмых расторопши» была незначительно больше, чем у СУИН типа, и на много больше чем у коров СЧУ и СЛ типа. Так если, в группе СУП типа разница между контрольной и опытной подгруппой составляла 518,4 кг (6,96%), в группе СУИН типа 502,1 кг (6,86%), то в группе СЧУ типа 296,5кг (4,17%), в группе СЛ типа 134 кг (2,08%), то есть организм животных СУП типа и СУИН типа «отвечал» на скормливание кормовой добавки с наибольшей активностью и соответственно продуктивностью.

Количество заданных кормов и питательность в основном рационе были одинаковыми для коров всех групп. Количество съеденных кормов в группах было несколько различным за счёт остатков при поедании, но в каждой группе между подгруппами разницы не установлено. Незначительная разница между группами была при поедании сена, силоса и силоса, но в группах между подгруппами разницы практически не установлено. Так, в группе СУП типа и СУИН типа поедаемость сена составляла 3,0 кг в сутки, в группе СЧУ типа была меньше на 0,2 кг в группе СЛ типа на 0,3 кг; поедаемость силоса в группе СУП типа составляла 14,3 кг, в группе СУИН типа меньше на 0,2 кг, в группе СЧУ типа меньше на 0,3 кг, в группе СЛ типа меньше на 0,7 кг; поедаемость силоса в группе СУП типа составляла 14,6 кг, в группе СУИН типа была меньше на 0,1 кг в группе СЧУ типа на 0,4 кг в группе СЛ типа на 0,6 кг. По остальным кормам разницы не установлено. В опытных подгруппах дополнительно к основному рациону съедено за 3 курса (курс 90 суток с перерывом 45 суток) 13,5 кг кормовой добавки «Жмых расторопши». В жмыхе расторопши содержится 0,92 корм.ед./1,03 ЭКЕ. За 3 курса съедено за счет жмыха расторопши 12,4 корм. ед. /13,9 ЭКЕ. Однако расход корма на производство 1 кг молока был меньше в группе СУП типа и составлял в контрольной подгруппе 0,915 ЭКЕ, в опытной подгруппе 0,857 ЭКЕ, в подгруппах СУИН типа 0,927 ЭКЕ и 0,870 ЭКЕ, в подгруппах СЧУ типа 0,945 ЭКЕ, и 0,909 ЭКЕ, и СЛ типа 1,03 и 1,01ЭКЕ (Таблица 3).

Таблица 3

Расход корма на 1 килограмм молока за 290 суток

Тип ВНД	Съедено кормов		Надой	Расход корма на 1 кг молока	
	кг	корм. ед./ЭКЕ		корм. ед.	ЭКЕ
СУП					
контрольная	13543,0	6116,1/6815,0	7445,6±73,4	0,822	0,915
опытная	13556,5	6128,5/6828,9	7964,0±71,7	0,769	0,857
±к контролю	+13,5*	+12,4/13,9	+518,4/6,96	-0,053 (6,45%)	-0,058 (6,34%)
СУИН					
контрольная	13456,0	6092,9/6788,9	7321,4±62,6	0,832	0,927
опытная	13469,5	6105,3/6802,8	7823,5±66,2	0,780	0,870
±к контролю	+13,5*	+12,4/13,9	+502,1/6,86	-0,052 (6,25%)	-0,057(6,12%)
СЧУ					
контрольная	13282,0	6032,0/6713,5	7104,2±57,5	0,849	0,945
опытная	13295,5	6044,4/6727,4	7400,7±54,4	0,817	0,909
±к контролю	+13,5*	+12,4/13,9	+296,5/4,17	-0,032 (3,77%)	-0,036 (3,81%)
СЛ					
контрольная	13079,0*	5971,1/ 6641,0	6441,7±56,3	0,927	1,03
опытная	13092,5	5983,5/ 6654,9	6575,7±52,2	0,909	1,01
±к контролю	+13,5	+12,4/13,9	+134,0/ 2,08	-0,018(1,94%)	-0,02 (1,94)

Данные таблицы 3 показывают, что разница по расходу кормов на 1 килограмм молока между подгруппами была больше в группе СУП типа и составляла 6,34%, в группе СУИН 6,12 %, в группе СЧУ 3,81%, в группе СЛ типа 1,94%. Расходу кормов соответствовали денежные затраты. Цена 1 килограмма составляла: сено – 9,63 руб., силос – 4,14 руб., силос – 4,23 руб., комбикорм – 20,05 руб., патока – 5,85 руб., дробина – 0,90 руб., мясо-костная мука – 32,00 руб., жмых подсолнечный – 20,14 руб., жмых расторопши – 21,12 руб. Всего затрачено в опытной подгруппе СУП типа 99429,4 руб., в контрольной – 99714,5 руб.; СУИН типа – 99066,7 руб., в контрольной – 99351,8 руб.; в опытной подгруппе СЧУ типа – 98019,9 руб., в контрольной – 98305,0 руб.; в опытной подгруппе СЛ типа – 97015,2 руб., в контрольной – 97300,3 руб. Однако денежные затраты на производство 1 кг молока были меньше опытных подгруппах (табл. 4).

Таблица 4

Затрачено на производство на 1 кг молока, руб.

Показатели	Тип ВНД			
	СУП	СУИН	СЧУ	СЛ
Надой за 290 суток лактации				
контрольная	7445,6±73,4	7321,4±62,6	7104,2±57,5	6441,7±56,3
опытная	7964,0±71,7	7823,5±66,2	7400,7±54,4	6575,7±52,2
Затраты на корма за 290 суток, руб.				
контрольная	99429,4	99066,7	98019,9	97015,2
опытная	99714,5	99351,8	98305,0	97300,3
Затраты на 1 кг молока руб.				
контрольная	13,35	13,53	13,80	15,06
опытная	12,52	12,70	13,28	14,80
± к контрольной, руб.	-0,83(6,22%)	-0,83(6,13%)	-0,52(3,77%)	-0,26(1,73%)

Как видно из таблицы 4 в контрольной подгруппе СУП типа затрачено 13,35руб., в опытной – 12,52 руб., в контрольной подгруппе СУИН типа – 13,53 руб., в опытной – 12,70 руб., в контрольной подгруппе СЧУ типа – 13,80 руб., в опытной – 13,28 руб., в контрольной подгруппе СЛ типа – 15,06 руб., в опытной – 14,80 руб. Наибольшая разница между подгруппами была в группе СУП типа составляла 6,22%, в группе СУИН типа – 6,13%, в группе СЧУ типа – 3,77%, в группе СЛ типа – 1,73%.

Заключение. Исследованиями выявлено, что скормливание кормовой добавки «Жмых расторопши» повышало молочную продуктивность коров у каждого типа ВНД, но разница по уровню повышения в подгруппах коров разных типов ВНД была не одинаковой и наибольшей у СУП типа. В группе СУП типа разница между контрольной и опытной подгруппой составляла 518,4 кг (6,96%), в группе СУИН типа – 502,1 кг (6,86%), в группе СЧУ типа – 296,5кг (4,17%), в группе СЛ типа – 134 кг (2,08%). Расход корма на производство 1 кг молока был меньше в группе СУП типа и составлял в контрольной подгруппе 0,915 ЭКЕ, в опытной – 0,857 ЭКЕ, в подгруппах СУИН типа – 0,927 ЭКЕ и 0,870 ЭКЕ, в СЧУ типа – 0,945 ЭКЕ, и 0,909 ЭКЕ, и СЛ типа – 1,03 и 1,01 ЭКЕ. Разница между подгруппами была больше в группе СУП типа и составляла 6,34%, в группе СУИН – 6,12 %, в группе СЧУ – 3,81%, в группе СЛ типа – 1,94%. Затраты корма на производство 1 кг молока были меньше в опытных подгруппах. В контрольной подгруппе СУП типа затрачено 13,35 руб., в опытной – 12,52 руб., в контрольной подгруппе СУИН типа – 13,53 руб., в опытной – 12,70 руб., в контрольной подгруппе СЧУ типа – 13,80 руб., в опытной – 13,28 руб., в контрольной подгруппе СЛ типа – 15,06 руб., в опытной – 14,80 руб. Разница между подгруппами была больше в группе СУП типа на 0,83 руб. (6,22%), в группе СУИН на 0,83 руб. (6,13 %), в группе СЧУ на 0,52 (3,77%), в группе СЛ типа на 0,26 (1,73)% руб. (6,13 %), в группе СЧУ на 0,52 (3,77%), в группе СЛ типа на 0,26 (1,73)%.

В результате исследований разработан один из возможных путей повышения молочной продуктивности коров, снижения расхода корма, и денежных затрат на единицу продукции. Установлено, что уровень повышения молочной продуктивности коров при скормливании кормовой добавки «Жмых расторопши» зависит от типа ВНД, и наиболее эффективно на молочную продуктивность сильного уравновешенного (подвижного и инертного) типа.

Список источников

1. Волгин В. И., Романенко Л. В., Прохоренко П. Н., Федорова З. Л., Корочкина Е. А. Полноценное кормление молочного скота – основа реализации генетического потенциала продуктивности, М. : РАН, 2018. 260 с. ISBN: 978-5-906906-85-4 EDN: XVJNQL
2. Чинаров В. И. Молочное и мясное скотоводство России: проблемы и перспективы // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. №2. С. 8-11. EDN: YYFWMX
3. Гамко Л. Н., Лемеш Е. А., Кубышкин А. В., Будникова О. Н. Влияние качества кормов на продуктивность дойных коров с высоким генетическим потенциалом // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. №2 (78). С. 24-27. EDN: XSKGWA
4. Дуборезов В. М. Кормление молочных коров по детализированным нормам // Молочное и мясное скотоводство. 2020. №4. С. 52-54. DOI: 10.33943/MMS.2020.19.15.009 EDN: ZHFBNW
5. Кравайнис Ю. Я., Коновалов А. В., Кравайне Р.С. Эффективность применения кормовой добавки «Яросил» коровам // Ветеринария и кормление. 2020. №3. С.21. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-3-6 EDN: ROHOBТ
6. Пастухов С. В. Показатели обмена веществ и молочная продуктивность коров в период раздоя при скормливании энергетических кормовых добавок : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Пастухов Сергей Владимирович, 2023. 129 с. EDN: GOXNUZ
7. Батраков А. Я., Виденин В. Н., Сердюк Г. Н., Иванов Ю. В. Пути повышения резистентности организма голштинизированного отечественного поголовья коров // Ветеринария. 2017. № 12. С. 11-14. EDN: ZVMHOZ
8. Стрекозов Н. И., Сивкин Н. В., Чинаров В. И., Баутина О. В., Волков С. И., Чинаров А. В. Методические рекомендации по адаптации импортного крупного рогатого скота к технологическим условиям хозяйств Калужской области. Дубровицы : Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства РАСХН, 2014. 64 с. EDN: SIPIDR
9. Евглевский А. А. Проблемы здоровья коров в молочном животноводстве: известные и не известные аспекты // Ветеринария и кормление. 2022. № 6. С. 25-27. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-6-6 EDN: SEPPLY
10. Павлов И. П. Двадцатилетний опыт изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных. М. : Наука, 10-е издание. 1973. 390 с.
11. Кравайнис Ю. Я. О молочной продуктивности коров с разными типами высшей нервной деятельности // Сельскохозяйственная биология. Серия «Биология животных». 2006. №2. С.52-56. EDN: HTTЗUT
12. Левина Г., Артох В., Сидельникова В. Типы высшей нервной деятельности коров как фактор формирования высокопродуктивных стад // Мясо и молочное скотоводство. 2011. № 1. С. 13-15. EDN: LUZWAC
13. Головань В. Т., Юрин Д. А. Изучение взаимосвязи типа высшей нервной деятельности и продуктивности коров // сб. науч.тр. Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2022. Т.11. №2. С.4750. DOI: 10.48612/sbornik-2022-2-11 EDN: VATJLW
14. Вальковская Н. В. Связь типа высшей нервной деятельности с молочной продуктивностью коров // Главный зоотехник. 2017. №10. С. 50-55. EDN: ZIOQGZ
15. Гончарова Т. А. Энциклопедия лекарственных растений, лечение травами. Москва : МСП.
16. Кравайнис Ю. Я. и др. Совершенствование отрасли скотоводства путём применения гепатопротекторов на основе расторопши, полимикробиологической кормовой добавки "Яросил" и экструдированного корма. 2020. ISBN: 978-5-907417-05-2 EDN: BGRUBZ
17. Кокорина Э. П. Условные рефлексы и продуктивность животных. М. : Агропромиздат.
18. Кравайнис Ю. Я., Кравайне Р. С., Коновалов А. В. Кормление коров с использованием жмыха расторопши пятнистой // Ветеринария и кормление. 2018. №4. С. 4-6. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2018-4-1 EDN: XUOJCP
19. Плохинский Н. А. Биометрия. М. : Изд-во Моск. Ун-та. 1970. 367 с.

References

1. Volgin, V. I., Romanenko, L. V., Prokhorenko, P. N., Fedorova, Z. L. & Korochkina, E. A. (2018). Full-fledged feeding of dairy cattle is the basis for realizing the genetic potential of productivity, Moscow: RAS. ISBN: 978-5-906906-85-4 EDN: XVJNQL
2. Chinarov, V. I. (2019). Dairy and beef cattle breeding in Russia: problems and prospects. *Economics of agricultural and processing enterprises*. 2. 8-11. EDN: YYFWMX

3. Gamko, L. N., Lemesh, E. A., Kubyshev, A. V. & Budnikova, O. N. (2020). The effect of feed quality on the productivity of dairy cows with high genetic potential. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2 (78). 24-27. EDN: [XSKGWA](#)
4. Duborezov, V. M. (2020). Feeding dairy cows according to detailed standards. *Dairy and beef cattle breeding*. 4. 52-54. DOI: [10.33943/MMS.2020.19.15.009](#) EDN: [ZHFBNW](#)
5. Kravainis, Yu. Ya., Kononov, A. V. & Kravine, R. S. (2020). The effectiveness of the Yarosil feed additive for cows. *Veterinary medicine and feeding*. 3. 21. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-3-6](#) EDN: [ROHOB](#)
6. Pastukhov, S. V. (2023). Metabolic parameters and milk productivity of cows during the breeding period when feeding energy feed additives : dissertation for the degree of candidate of agricultural Sciences / Pastukhov Sergey Vladimirovich, 2023. 129. EDN: [GOXNUZ](#)
7. Batrakov, A. Ya., Videnin, V. N., Serdyuk, G. N. & Ivanov, Yu. V. (2017). Ways to increase the body's resistance to Holstein-infected domestic cattle. *Veterinary medicine*. 12. 11-14. EDN: [ZVMHOZ](#)
8. Strekozov, N. I., Sivkin, N. V., Chinarov, V. I., Bautina, O. V., Volkov, S. I., & Chinarov, A. V. (2014). Methodological recommendations for adapting imported cattle to the technological conditions of farms in the Kaluga Region. EDN: [SIPIDR](#)
9. Evgenevsky, A. A. (2022). Problems of cow health in dairy farming: known and unknown aspects. *Veterinary medicine and feeding*. 6. 25-27. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-6-6](#) EDN: [SEPPLY](#)
10. Pavlov, I. P. (1973). Twenty years of experience in studying the higher nervous activity (behavior) of animals. *Moscow*.
11. Kravainis, Yu. Ya. (2006). On dairy productivity of cows with different types of higher nervous activity. *Agricultural biology. Animal Biology series*. 2. 52-56. EDN: [HTTZUT](#)
12. Levina, G., Artyukh, V. & Sidelnikova, V. (2011). Types of higher nervous activity of cows as a factor in the formation of highly productive herds. *Meat and dairy cattle breeding*. 1. 13-15. EDN: [LUZWAC](#)
13. Golovan, V. T. & Yurin, D. A. (2022). Studying the relationship between the type of higher nervous activity and cow productivity. *Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine*. 11. 2. 4750. DOI: [10.48612/sbornik-2022-2-11](#) EDN: [VATJLW](#)
14. Valkovskaya, N. V. (2017). Connection of the type of higher nervous activity with dairy productivity of cows. *Chief zootechnician*. 10. 50-55. EDN: [ZIOQZ](#)
15. Goncharova, T. A. Encyclopedia of medicinal plants, herbal treatment. *Moscow*.
16. Kravainis, Yu. Ya., Kononov, A. V., Kravine, R. S., Alekseev, A. A., Flerova, E. A., & Pavlov, K. V. (2020). Improvement of the cattle breeding industry by using hepatoprotectors based on milk thistle, the polymicrobiological feed additive "Yarosil", and extruded feed. ISBN: [978-5-907417-05-2](#) EDN: [BGRUBZ](#)
17. Kokorina, E. P. Conditioned Reflexes and Animal Productivity. *Moscow : Agropromizdat*.
18. Kravainis, Yu. Ya., Kravine, R. S. & Kononov, A. V. (2018). Feeding cows using milk thistle cake. *Veterinary medicine and feeding*. 4. 4-6. DOI: [10.30917/ATT-VK-1814-9588-2018-4-1](#) EDN: [XUOJCP](#)
19. Plokhinsky, N. A. (1970). Biometry. *Moscow: Moscow University Press*.

Информация об авторах:

Ю. Я. Кравайнис – доктор биологических наук, старший научный сотрудник;
Р. С. Кравайне – кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник;
В. С. Шкрабак – доктор технических наук, профессор;
Р. В. Шкрабак – кандидат технических наук, доцент;

Information about the authors:

Yu. Ya. Kravainis – Doctor of Biological Sciences, Senior Research Associate;
R. S. Kravine – Candidate of Veterinary Sciences, Senior Research Associate;
V. S. Shkrabak – Doctor of Technical Sciences, Professor;
R. V. Shkrabak – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 20.06.2025; одобрена после рецензирования 23.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.
The article was submitted 20.06.2025; approved after reviewing 23.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Научная статья

УДК 619 : 615.9

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-100-105

**ВЛИЯНИЕ ОРИГИНАЛЬНОЙ БЕЛКОВО-МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ
НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ РАХИТЕ ТЕЛЯТ****Иван Денисович Пузиков¹, Алексей Владимирович Савинков^{2✉}, Юлия Александровна Курлыкова³**^{1,2,3} Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия¹ vmppsm99@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7166-3851>² a_v_sav@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9280-1400>³ kurlykovau81@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0752-7388>

Реферат. Цель настоящего исследования – усовершенствование лечебно-профилактических мероприятий при рахите молодняка крупного рогатого скота. В рамках цели была поставлена задача оценить влияние белково-минеральной добавки рахипред на гематологические показатели при рахите молодняка крупного рогатого скота. Больные рахитом телята в возрасте одного месяца были разделены на опытную и контрольную группы (n=10). Телята первой группы (контрольная группа) получали корма основного рациона, лечение рахита осуществлялось принятыми в хозяйстве методами; животные второй группы (опытная группа) к общему рациону и систематической витаминизации получали добавку рахипред с комбинацией белковых и минеральных составляющих в рецептуре. Опыт длился с течение двух месяцев. В начале, середине и конце исследования производилось взятие крови с последующей оценкой ее морфофункциональных показателей. В результате использования комплексной белково-минеральной добавки рахипред было установлено антианемическое действие испытуемого средства, выражающееся увеличением количества эритроцитов на 35,5% ($P<0,01$), гематокритной величины – на 12,3% ($P<0,05$), уровня гемоглобина – на 23,3 ($P<0,001$) – 13,5% ($P<0,01$), среднего объема эритроцитов – 20,4% ($P<0,001$), среднего содержания гемоглобина в эритроците – на 10,7% ($P<0,05$), при этом регистрируется снижение показателя ширины распределения эритроцитов на 10,3% ($P<0,01$).

Ключевые слова: рахит, алиментарная анемия, молодняк крупного рогатого скота, телята, гематологические показатели

Для цитирования: Пузиков И. Д., Савинков А. В., Курлыкова Ю. А. Влияние оригинальной белково-минеральной добавки на гематологические показатели при рахите телят // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10, № 4. С. 100-105.

DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-100-105

Original article

THE EFFECT OF THE DRUG RACHIPRED ON HEMATOLOGICAL INDICATORS IN CALVES WITH RACHITIS**Ivan D. Puzikov¹, Alexey V. Savinkov^{2✉}, Yulia A. Kurlykova³**^{1,2,3} Samara State Agrarian University, Samara, Russia¹ vmppsm99@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7166-3851>² a_v_sav@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9280-1400>³ kurlykovau81@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0752-7388>

Abstract. The purpose of this study is to improve therapeutic and preventive measures for rickets in young cattle. As part of the goal, the task was to evaluate the effect of the protein-mineral supplement rachipred on hematological parameters in young cattle rickets. Calves with rickets at the age of one month were divided into experimental and control groups (n=10). Calves of the first group (control group) received feed from the main diet, rickets were treated using household methods; animals of the second group (the experimental group) received a supplement of rachipred with a combination of protein and mineral components in the formulation for a general diet and systematic fortification. The experiment lasted for two months. At the beginning, middle and end of the study, blood was taken, followed by an assessment of its morphofunctional parameters. As a result of the use of the complex protein-mineral supplement rachipred, the antianemic effect of the test agent was established, expressed by an increase in the number of red blood cells by 35.5% ($P<0.01$), hematocrit value by 12.3% ($P<0.05$), hemoglobin level by 23.3 ($P<0.001$) – 13.5% ($P<0.01$), the average volume of red blood cells was 20.4% ($P<0.001$), the average hemoglobin content in the red blood cell was 10.7% ($P<0.05$), while a decrease in the width of the distribution of red blood cells was recorded by 10.3% ($P<0.01$).

Keywords: rickets, nutritional anemia, young cattle, calves, hematological parameters

For citation: Puzikov, I. D., Savinkov, A. V. & Kurlykova, Y. A. (2025). The effect of the drug rachipred on hematological indicators in calves with rachitis. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 4, 100-105. (In Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-100-105

Рахит у телят представляет собой одну из наиболее актуальных проблем в современном животноводстве, проявляющуюся в нарушениях минерального обмена, деформациях скелета, замедлении роста и повышенной восприимчивости к инфекциям, что приводит к значительным экономическим потерям из-за снижения продуктивности и увеличения падежа молодняка [2, 7, 8]. Согласно данным отечественных исследований, частота рахита среди телят в России достигает 20-40% в зимне-стойловый период, особенно в регионах с ограниченной инсоляцией, где дефицит витамина D усугубляется несбалансированным кормлением стельных коров и недостаточным содержанием кальция и фосфора в рационах [1, 5, 9]. Это заболевание

часто развивается на фоне гиповитаминоза D, гипокальциемии и гипофосфатемии, что приводит к остеомалации и рахитическим изменениям в костной ткани, а также к вторичным осложнениям, таким как бронхопневмония, расстройства пищеварения и анемия. Анемия при рахите у телят, как правило, проявляется в форме гипохромной (железодефицитной) анемии, обусловленной нарушением гемопоэза из-за минерального дисбаланса, снижения абсорбции железа в кишечнике на фоне гиповитаминоза D и возможного влияния дефицита витамина D на эритропоэз; это приводит к снижению уровня гемоглобина, количества эритроцитов и гематокрита, усугубляя общее ослабление организма и повышая риск инфекций [1, 16, 17]. В условиях интенсивного скотоводства, проблема усугубляется высокой плотностью поголовья и использованием монокормов, бедных минеральными элементами, что подчеркивает необходимость систематического мониторинга и коррекции рационов [9, 10].

Традиционные методы профилактики и лечения рахита включают введение в рацион минеральных и витаминных кормовых добавок, таких как трикальцийфосфат, костная мука, кормовой мел, а также комплексы с витамином D, которые способствуют нормализации кальциево-фосфорного обмена и предотвращению деформаций опорно-двигательного аппарата [4, 7]. Отечественные ученые отмечают эффективность применения природных добавок, таких как сапропель, цеолиты (например, пегасин) и комплексные препараты типа силимикс, которые не только корректируют минеральный баланс, но и повышают общую резистентность организма телят, снижая заболеваемость на 15-30% при регулярном использовании. [3, 4, 8, 9]. Однако, несмотря на доступность этих подходов, их эффективность ограничена в виду отсутствия комплексности назначения.

Международные исследования подтверждают роль кормовых добавок в терапии рахита, подчеркивая, что витамин D в комбинации с кальцием и фосфором предотвращает развитие заболевания, нормализуя уровни 25-гидроксивитамина D в сыворотке крови и улучшая минерализацию костей. Например, добавки с 1 α -гидроксиколекальциферолом или рыбий жир демонстрируют аддитивный эффект с микронутриентами, повышая усвояемость фосфора и кальция, что особенно актуально для профилактики в условиях ограниченного солнечного света [12, 13, 15]. Тем не менее, в зарубежной практике акцент делается на генетические факторы и экологические аспекты, где дефицит витамина D сочетается с низким содержанием кальция в рационе, приводя к комбинированным формам рахита, требующим комплексного лечения [14, 18].

Актуальность темы обусловлена растущим спросом на инновационные кормовые добавки, интегрируемые в современные технологии кормления, с учетом экологической безопасности и экономической рентабельности в российском животноводстве. Несмотря на накопленный опыт, остаются пробелы в изучении оптимальных дозировок комбинированных комплексов, их влияния на метаболизм в разных климатических зонах России и долгосрочные эффекты на продуктивность, что требует дальнейших экспериментальных исследований для разработки адаптированных протоколов профилактики [11]. Таким образом, исследование роли кормовых добавок в профилактике и лечении рахита у телят обладает высокой научной и практической значимостью, способствуя оптимизации ветеринарных мероприятий, снижению заболеваемости и устойчивому развитию отрасли скотоводства в России и за рубежом.

Цель исследования: усовершенствование лечебно-профилактических мероприятий при рахите молодняка крупного рогатого скота.

В рамках поставленной цели решалась следующая задача: оценить влияние белково-минеральной добавки рахипред на гематологические показатели при рахите молодняка крупного рогатого скота.

Материал и методы исследования. Экспериментальная часть работы проходила в производственных условиях животноводческого предприятия Самарской области.

Для проведения исследований было сформировано две группы телят черно-пестрой породы в возрасте одного месяца с клиническими проявлениями рахита. Первая группа выступала в качестве контроля. Животные этой группы получали стандартный рацион в соответствии с технологическими условиями данного предприятия. Также эти животные в качестве минеральной добавки получали кормовой мел в дозировке 0,3 г/кг в сутки. Животные второй группы (опытная группа) к стандартному рациону получали комплексную добавку рахипред в дозе 1 г/кг массы тела животного в сутки. Животные обеих групп находились в идентичных условиях содержания, доступ к воде был свободный.

В состав кормовой добавки рахипред входили следующие ингредиенты: карбонат кальция (кормовой мел), диатомит Инзенского месторождения, кристаллическая сера, кормовая кровяная мука. Комбинированный препарат скармливали телятам групповым методом, предварительно замешивая его в супучих кормах (дробленый зернофураж), которые задавались телятам в кормушки открытым фронтом.

Телята обеих групп в инъекционном виде получали внутримышечно препарат тетрамаг в дозе 5 мл, что соответствовало содержанию витамина D₃ – 125 000 МЕ, витамина А – 250 000 МЕ, витамина Е – 100 мг, витамина F – 25 мг. Введение витаминсодержащего препарата проводилось методом витаминных толчков один раз в 10 суток на протяжении всего цикла исследования.

Продолжительность экспериментальной работы составила 60 суток. Взятие крови у подопытных животных производили в начале исследования, на 30 сутки и в конце опыта.

Кровь брали из яремной вены посредством инъекционной иглы и вакуумной пробирки с антикоагулянтом EDTA-3. Пробы крови доставляли в лабораторию в термосумке-холодильнике при температуре 4⁰С. Анализ крови производился на автоматическом гематологическом анализаторе Mindray 2800BC-Vet (Китай) с использованием коммерческих наборов реактивов.

В качестве оценочных критериев использовались следующие параметры крови: количество лейкоцитов, эритроцитов и тромбоцитов, процентное содержание лимфоцитов, гранулоцитов и моноцитов, уровень гемоглобина в крови, гематокритная величина, средний объем эритроцитов, среднее содержание гемоглобина в эритроците, ширина распределения эритроцитов.

Полученный цифровой материал был математически обработан в соответствии с методами вариационной статистики. Достоверность различия средних величин оценивалась посредством расчета критерия Стьюдента. Минимальный уровень статистической достоверности соответствовал – P<0,05. Расчеты производились на персональном компьютере в приложении MO 2010 Excel.

Результаты исследования. Сведения, отражающие динамику гематологических показателей телят представлены в таблице.

В начале исследования у больных рахитом телят не было установлено отклонений в количественном содержании лейкоцитов. При этом при оценке видового состава лейкоцитов отмечено, что доля лимфоцитов несколько снижена относительно минимальной границы нормы. Недостаточно высокий уровень лимфоцитов связан с несовершенством специфического клеточного иммунитета животных этого возраста. При анализе состояния параметров, характеризующих красную кровь, установлено, что количество эритроцитов соответствует референсному интервалу, однако находится на уровне минимальных границ нормы. Уровень гемоглобина и гематокритной величины находится за пределами минимальной границы нормы. Также отмечается снижение объема эритроцитов и снижение среднего содержания гемоглобина в эритроците. Ширина распределения эритроцитов находится выше уровня максимальной границы, что свидетельствует о наличии в крови неоднородного размера эритроцитов, которое можно квалифицировать как анизоцитоз.

Все эти изменения свидетельствуют о наличии у больных телят анемии гипохромного характера, которая в данном случае может быть охарактеризована как алиментарная анемия, сопутствующая нарушению минерального обмена с клиническими проявлениями рахита.

Таблица

Динамика гематологических показателей телят

	Лейкоциты	Лимфоциты	Моноциты	Гранулоциты	Эритроциты	Гемоглобин	Гематокритная величина	Средний объем эритроцита	Среднее содержание гемоглобина в эритроците	Ширина распределения эритроцитов	Тромбоциты
Ед. изм.	*10 ⁹ /л	%	%	%	*10 ¹² /л	г/л	%	фл	пкг	%	*10 ⁹ /л
Референс	5,0-16,0	40,0-70,0	4,0-12,0	30,0-65,0	5,0-10,1	90,0-139,0	28,0-46,0	38,0-53,0	13,0-19,0	14,0-19,0	120,0-820,0
Начало исследования											
1 группа (контроль)	8,59±0,536	35,3±2,49	10,3±0,72	52,9±2,63	5,12±0,36	86,1±2,43	27,4±0,56	30,6±1,15	11,4±0,34	20,3±0,60	474,7±75,38
2 опытная группа	8,57±0,668	37,5±5,21	10,2±0,90	50,7±5,76	5,18±0,318	86,4±2,21	27,1±0,63	30,8±0,71	11,5±0,25	20,7±0,36	494,6±43,81
30 суток											
1 группа (контроль)	11,39±4,117 [*]	24,7±19,79	6,2±1,33	70,9±20,73	7,18±0,813 ^{***}	111,7±5,87 ^{***}	31,8±1,21 ^{***}	34,1±2,82	13,0±1,07 ^{***}	21,0±1,97	448,4±135,32
2 опытная группа	12,26±1,721	30,1±3,89	6,3±2,08	64,2±5,37	8,42±1,245 [*]	137,7±2,50 ^{****}	41,2±3,73 ^{**}	38,3±2,02 ^{**}	14,4±0,93 ^{**}	18,0±1,14 [*]	490,6±145,13
60 суток											
1 группа (контроль)	10,62±0,622 ^{***}	27,3±5,44	6,1±0,70 ^{***}	66,6±6,10 [*]	7,5±0,45 ^{***}	116,3±3,58 ^{***}	32,1±0,94 ^{***}	32,3±0,75	11,9±0,31 [*]	20,4±0,46	533,2±57,15
2 опытная группа	10,98±1,155	37,0±6,43	6,5±0,51 ^{**}	56,5±6,68	10,1±0,63 ^{****}	132,0±2,94 ^{****}	36,0±1,38 ^{****}	38,9±0,991 ^{****}	13,1±0,27 ^{***}	18,3±0,36 ^{****}	525,1±50,97

Примечание:

^{*} – $P < 0,05$; ^{***} – $P < 0,01$; ^{***} – $P < 0,001$ в сравнении с показателями начала исследования;

^{*} – $P < 0,05$; ^{**} – $P < 0,01$; ^{***} – $P < 0,001$ в сравнении с контрольной группой

При оценке динамики лейкоцитов в течение всего опыта не было установлено достоверных изменений. Значения данного показателя находились в рамках референсных границ. При этом доля лимфоцитов на протяжении всего опыта в обеих группах была ниже нормативных значений. Через 30 суток исследований доля лимфоцитов сократилась в 1-й и 2-й группах на 10,6% и 7,4% по отношению к фоновым значениям. Доля лимфоцитов во 2-й группе была больше на 5,4% по отношению к контрольным значениям. В конце исследований в контрольной группе доля лимфоцитов была меньше фоновых значений на 10,2%, тогда как в опытной группе данный показатель уравнился с изначальными значениями. При этом различия между опытной и контрольной группой составили 9,7% в пользу опытной группы.

Общий контент гранулоцитарного ряда лейкоцитов в начале эксперимента в обеих группах находился в пределах допустимых нормативных границ. Через 30 суток эксперимента отмечается повышение данного показателя в 1-й и 2-й группах на 18,3% и 13,5% соответственно. В результате чего показатель в контрольной группе был выше опытных значений на 6,7% и превысил верхней референсный предел. В конце эксперимента процентное содержание гранулоцитов несколько снизилось, различия между опытной и контрольной группами составили 10,1% в пользу последней.

Процентная доля моноцитов в течение эксперимента имела тенденцию к снижению и в конце опыта составила 4,2% и 3,7% по отношению к фоновым значениям в 1-й и 2-й группах соответственно. Между значимыми группами различий установлено не было.

При оценке динамики параметров красной крови было установлено, что количество эритроцитов у животных 1-й и 2-й групп через 30 суток увеличилось на 40,2% ($P < 0,001$) и 62,7% ($P < 0,05$) по отношению к изначальным значениям. При этом содержание эритроцитов в крови было больше в опытной группе на 17,4%.

В конце опыта различия с фоновыми значениями в контрольной группе составили 46,0% ($P < 0,001$), тогда как в опытной группе произошло существенное увеличение данного показателя, которое составило 95,6% ($P < 0,001$). Соответственно значения в опытной группе были больше контрольных на 35,5% ($P < 0,01$).

Увеличение количества эритроцитов качественно повлияло на гематокритную величину и концентрацию гемоглобина в крови. Уровень гематокрита вырос на 30 суток по сравнению с фоновыми значениями в контрольной группе на 16,3% ($P < 0,001$), а в опытной на 52,1% ($P < 0,01$). В конце эксперимента эти различия составили 17,1% ($P < 0,001$) и 32,9% ($P < 0,001$).

Иначе говоря, в контрольной группе данный показатель по сравнению с замерами предыдущей серии остается примерно на том же уровне, а в опытной группе произошло его снижение на 19,2%. В итоге показатель в опытной группе был больше контрольных значений на 30 сутки на 29,4% ($P<0,05$) и в конце опыта на 12,3% ($P<0,05$).

Содержание гемоглобина в крови в обеих группах на 30 сутки эксперимента существенно повышается относительно начальных значений в обеих группах и соответствует референсному уровню. В 1-й группе повышение составило 29,6% ($P<0,001$), во 2-й – 59,4% ($P<0,001$). Различия между группами составили 23,3% ($P<0,001$) в пользу опытной группы. В конце эксперимента показатели содержания гемоглобина по отношению к значениям начала исследования составили в 1-й группе 35,1% ($P<0,001$), а во 2-й – 52,8% ($P<0,001$). Как и случае с гематокритной величиной показатель в контрольной группе несколько повышается (на 5,5%), в опытной группе происходит незначительное снижение (на 6,6%). Различия между значениями контрольных и опытных показателей в конце опыта составили 13,5% ($P<0,01$) в пользу последних.

При оценке среднего объема эритроцитов в начале эксперимента было установлено снижение данных показателей ниже минимальной границы нормы. Средний объем эритроцитов на 30 сутки повысился относительно значений начала эксперимента в 1-й группе на 11,7%, а во 2-й – на 24,3% ($P<0,01$). Различия между группами в пользу опытной группы составили 12,2%. На 60-е сутки в контрольной группе происходит незначительное снижение показателя относительно замеров предыдущей серии (на 6,0%), а по отношению к фоновым значениям показатель был больше на 5,7%. В опытной группе данный показатель остается примерно на том же уровне и различия с фоновыми значениями составили 26,2% ($P<0,001$). Различия в конце опыта между контрольной и опытной группами составили 20,4% ($P<0,001$) в пользу последней. В ходе оценки оцениваемого параметра был установлено, что в динамике опыта значения в контрольной группе не достигали минимальной границы нормы. В опытной группе на 30-е и 60-е сутки данный показатель находился на уровне минимальных нормативных значений.

При оценке среднего содержания гемоглобина в эритроците в начале опыта в обеих группах отмечалось выраженное снижение данного оценочного критерия. На 30-е сутки в контрольной и опытной группах отмечалось увеличение данного показателя на 14,0% ($P<0,001$) и 25,3% ($P<0,01$), соответственно. Различия между группами составили 11,0% в пользу последней. На 60-е сутки исследования в обеих группах происходит снижение показателя по сравнению с результатами предыдущей оценки, отклонения в 1-й группе составили 8,5%, во 2-й – 9,0%. По отношению к фоновым значениям данные показатели были больше, соответственно, на 4,5% и 14,7% ($P<0,01$). При этом, очевидно, что значения в опытной группе были больше, чем в контроле на 10,7% ($P<0,05$). Следует отметить, что через месяц исследований происходит восстановление показателей в обеих группах до уровня минимальной референсной границы. Однако в конце эксперимента в обеих группах регистрируется снижение содержания гемоглобина в эритроците, в результате чего показатель контрольной группы вновь оказывается за пределами нормативных границ. Тогда как в опытной группе полученный результат соответствует минимальному нормативному порогу.

При оценке ширины распределения эритроцитов в начале исследования в обеих группах отмечается превышение дисперсии размера красных клеток крови. Что свидетельствует о последствиях нарушения обмена веществ, возможно, аутоинтоксикации и, как следствие, угнетении функции кроветворных органов. Через 30 суток эксперимента в результате использования в рационе кормовой добавки у животных опытной группы происходит снижение величины распределения эритроцитов до нормальных значений на 12,9% ($P<0,05$) относительно изначальных результатов оценки, на 60 сутки данный показатель остается приблизительно на одинаковом уровне и различия с фоновыми значениями составили 11,6% ($P<0,05$). В контрольной группе ширина распределения эритроцитов на 30 сутки возросла от изначальной на 3,3%, а концу исследования вернулась к исходным значениям. Различия между контрольной и опытной группами на 30-е и 60-е сутки составила в пользу первой 14,2% и 10,3% ($P<0,01$) соответственно.

При оценке динамики количества тромбоцитов в крови на протяжении всего цикла исследования не было выявлено выраженных отличий между показателями опытной и контрольной групп.

Таким образом, исходя из проведенных исследований, в начале эксперимента было установлено, что у больных рахитом телят подопытных групп имеются нарушения в составе красной крови. Уровень гемоглобина и гематокритной величины находится за пределами минимальной границы нормы, отмечается уменьшение объема эритроцитов и снижение среднего содержания гемоглобина в эритроците. Ширина распределения эритроцитов находится выше уровня максимальной границы, что свидетельствует о наличии анизоцитоза. Все эти изменения являются характерными признаками анемии гипохромного типа, которые присущи для алиментарной анемии.

В процессе опыта в обеих группах отмечается тенденция к восстановлению параметров красной крови. Учитывая, что в первой (контрольной) группе больные телята пользовались лечением, практикуемым в данном животноводческом предприятии, а во второй (опытной) группе животные получали экспериментальную добавку, интенсивность процессов восстановления была неодинаковой.

Следует отметить, что выравнивание уровня гемоглобина и гематокритной величины происходило за счет выраженного синтеза эритроцитов небольшого размера и сниженной концентрацией гемоглобина в самих эритроцитах. Причем в опытной группе объем эритроцитов в течение всего исследования находился на минимальных границах нормы, а в контрольной группе этот показатель был снижен. Среднее содержание гемоглобина в эритроците в конце опыта было в конце опыта снижено в контроле, а опытной группе также находилось на нижних значениях. Исходя из этого, видно, что высокие значения количества эритроцитов, особенно в опытной группе в конце исследований, является компенсаторной реакцией организма на их низкое насыщение гемоглобином. В результате чего, можно исключить предположение о негативном сценарии, который возможен при сгущении крови у подопытных телят и развитие на фоне этого эффекта полицитемии. Условия содержания у всех животных были идентичными, доступ к воде свободный.

Также следует обратить отдельное внимание на ширину распределения эритроцитов. В контрольной группе за все время исследования отмечалось снижение данного показателя, что согласуется с ранее представленными данными и свидетельствует о наличии в крови этих животных анизоцитоза с явлениями микроцитоза. У животных опытной группы замеры после первого месяца эксперимента и в конце опыта показало, что показатель дисперсии эритроцитов снизился ниже уровня максимально допустимой границы. Наличие данного признака свидетельствует о более интенсивных темпах восстановления эритроцитарной регенерации на фоне более интенсивного выздоровления телят, получавших в составе рациона экспериментальную добавку.

Резюмируя полученные результаты, можно говорить о системном влиянии используемой в эксперименте добавки. При создании данной комбинации из минеральных нутриентов, предполагалось основное влияние направить на восстановление фосфорно-кальциевого обмена. Но учитывая, что локальное воздействие при системной патологии зачастую не дает должного результата, возникла необходимость в усилении средства биологическим компонентом в виде кровяной муки. Это послужило целевым элементом, позволяющим направленно влиять на белковый обмен и на улучшение деятельности кроветворной функции. Однако в проведенных ранее исследованиях полученные результаты наглядно демонстрируют, что восстановление фосфорно-кальциевого обмена у животных опосредованно положительно влияет на параметры красной крови и в большинстве случаев оказывает антианемическое действие.

Заключение. В результате использования комплексной белково-минеральной добавки рахипред в общем комплексе мероприятий при лечении рахита телят было установлено антианемическое действие испытуемого средства, выражающееся увеличением количества эритроцитов на 35,5% ($P < 0,01$), гематокритной величины – на 12,3% ($P < 0,05$), уровень гемоглобина – на 23,3 ($P < 0,001$) – 13,5% ($P < 0,01$), средний объем эритроцитов – 20,4% ($P < 0,001$), среднее содержание гемоглобина в эритроците – на 10,7% ($P < 0,05$), при этом регистрируется снижение показателя ширины распределения эритроцитов на 10,3% ($P < 0,01$). Таким образом, терапевтическое действие компонентов добавки, направленное на основные звенья патогенеза рахита, способствуют также восстановлению параметров красной крови.

Список источников

1. Данилова Л. С., Климанова Е. А., Калужный И. И. Диагностика и лечение рахита у телят // Проблемы и пути развития ветеринарной и зоотехнической наук, 2021. С. 325-331. EDN: [DEAZBT](#)
2. Зуев Н. П. Оценка эффективности лечебных мероприятий при рахите у телят при интенсивной технологии выращивания // Эффективное животноводство. 2024. № 5 (195). С. 86-87. EDN: [EPNFZH](#)
3. Максим Е. А., Юрина Н. А., Кононенко С. И. Использование природных добавок в кормлении сельскохозяйственных животных // Сельскохозяйственный журнал. 2016. Т. 1. № 9. С. 106-109. EDN: [WVJENZ](#)
4. Марусич А. Г., Мурзин Э. А. Применение кормовой добавки «Лизуец брикетированный» для молодняка крупного рогатого скота // Животноводство и ветеринарная медицина. 2019. № 3. С. 31-37. EDN: [VRRYIC](#)
5. Маслова Т. В. Егорова Г. Г. Коррекция нарушений фосфорно-кальциевого обмена у животных // Пермский аграрный вестник. 2013. № 4 (4). С. 44-45. EDN: [RPUIRH](#)
6. Мурашова А. П. Остеодистрофия у сельскохозяйственных животных // Молодежь и наука. 2019. № 1. С. 24-24. EDN: [HSWXFS](#)
7. Наговицына Е. М., Савинков А. В., Мещеряков А. Г. Влияние комбинированного комплекса нутриентов на биохимические показатели крови больных рахитом телят // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4. С. 91-97. DOI: [10.55170/1997-3225-2024-9-4-91-97](#) EDN: [FUJCAK](#)
8. Наздрачева Е. В. Батанова О. В., Дутова О. Г. Влияние природного цеолита (пегасина) на морфологические показатели крови при рахите у телят // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. Т. 63. № 1. С. 53-54. EDN: [KYDALL](#)
9. Савинков А. В., Садов К. М., Софронов И. А. Влияние комплексной добавки природного происхождения на клинический статус и минеральный обмен у телят // Ветеринарная патология. 2011. № 1-2 (36). С. 68-72. EDN: [NZAUPL](#)
10. Семененко М. П. Общие принципы создания комплексного средства для профилактики и лечения остеодистрофических заболеваний у крупного рогатого скота // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. НЭ Баумана. 2024. Т. 260. № 4. С. 237-242. DOI: [10.31588/2413_4201_1883_4_260_237](#) EDN: [FQFMFA](#)
11. Чекалин Н. Метаболически адекватная диагностика уровня микроэлементов как показатель состояния иммунной системы у крупного рогатого скота // Вестник аграрной науки. 2015. Т. 54. № 3. С. 91-94. EDN: [UJHENL](#)
12. Biehl R. R., Baker D. H., DeLuca H. F. 1 α -Hydroxylated cholecalciferol compounds act additively with microbial phytase to improve phosphorus, zinc and manganese utilization in chicks fed soy-based diets¹ // The Journal of nutrition. 1995. Т. 125. № 9. С. 2407-2416. DOI: [10.1093/jn/125.9.2407](#)
13. Blakely L. Effect of vitamin D source and amount on vitamin D status and response to endotoxin challenge // Journal of Dairy Science. 2023. Т. 106. № 2. С. 912-926. DOI: [10.3168/jds.2022-22354](#) EDN: [JTRMVM](#)
14. Dittmer K., Thompson K. Vitamin D metabolism and rickets in domestic animals: a review // Veterinary pathology. 2011. Т. 48. № 2. С. 389-407. DOI: [10.1177/0300985810375240](#)
15. Farmonov N., Rejebbayev J. Vitamins A, D, E and k in calves and their effects on the body // Web of Agriculture: Journal of Agriculture and Biological Sciences. 2025. Т. 3. № 3. С. 36-38.
16. González-Garduño R. Hematological changes in anemic dairy calves treated with a hematinic complex // Veterinary World. 2025. Т. 18. № 4. С. 994. DOI: [10.14202/vetworld.2025.994-1001](#)
17. Holick M. F. Resurrection of vitamin D deficiency and rickets // The Journal of clinical investigation. 2006. Т. 116. № 8. С. 2062-2072. DOI: [10.1172/JCI29449](#)
18. Thompson K., Piripi S., Dittmer K. Inherited abnormalities of skeletal development in sheep // The Veterinary Journal. 2008. Т. 177. № 3. С. 324-333. DOI: [10.1016/j.tvjl.2007.08.015](#)

References

1. Danilova, L. S., Klimanova E. A. & Kalyuzhny I. I. (2021). Diagnosis and treatment of rickets in calves. *Problems and ways of development of veterinary and zootechnical sciences*. 325-331. (In Russian). EDN: [DEAZBT](#)
2. Zuev, N. P., Lopatin, V. T., Skogoreva, A. M., Popova, O. V., Krutov, I. O., Shutikov, V. A., & Tuchkov, N. S. (2024). Evaluation of the effectiveness of therapeutic measures for rickets in calves under intensive farming technology. *Efficient Animal Husbandry*, (5 (195)), 86-87. (In Russian). EDN: [EPNFZH](#)
3. Maxim, E. A., Yurina, N. A., & Kononenko, S. I. (2016). Use of natural additives in feeding farm animals. *Agricultural Journal*, 1(9), 106-109. (In Russian). EDN: [WVJENZ](#)
4. Marusich, A. G., & Murzin, E. A. (2019). Application of the feed additive "Briquetted Lizunets" for young cattle. *Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, (3), 31-37. (In Russian). EDN: [VRRYIC](#)
5. Maslova, T. V., & Egorova, G. G. (2013). Correction of Disorders of Phosphorus-Calcium Metabolism in Animals. *Perm Agrarian Bulletin*, (4 (4)), 44-45. (In Russian). EDN: [RPUIRH](#)
6. Murashova, A. P. (2019). Osteodystrophy in Farm Animals. *Youth and Science*, (1), 24-24. (In Russian). EDN: [HSWXFS](#)
7. Nagovitsyna, E. M., Savinkov, A. V. & Mescherakov, A. G. (2024). The effect of a combined nutrient complex on the biochemical parameters of the blood of patients with rickets in calves. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 2024. 4. 91-97. (In Russian). DOI: [10.55170/1997-3225-2024-9-4-91-97](#) EDN: [FUJCAK](#)
8. Nazdracheva, E. V., Batanova, O. V., & Dutova, O. G. (2010). Influence of natural zeolite (pegasin) on morphological blood parameters in rickets in calves. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 63(1), 53-54. (In Russian). EDN: [KYDALL](#)
9. Savinkov, A. V., Sadov, K. M., & Sofronov, I. A. (2011). The effect of a complex natural supplement on the clinical status and mineral metabolism in calves. *Veterinary Pathology*, (1-2 (36)), 68-72. (In Russian). EDN: [NZAUPL](#)
10. Semenenko, M. P., Sampiev, A. M., Semenenko, K. A., Vinokurova, D. P., & Abramov, A. A. (2024). General principles of creating a comprehensive means for the prevention and treatment of osteodegenerative diseases in cattle. *Scientific Notes of the Bauman Kazan State Academy of Veterinary Medicine*, 260(4), 237-242. (In Russian). DOI: [10.31588/2413_4201_1883_4_260_237](#) EDN: [FQFMFA](#)
11. Chekalin, N. Yu., Novikovskiy, N. M., Derezina, T. N., & Ovcharenko, T. M. (2015). Metabolic adequate diagnostics of micronutrient levels as an indicator of the immune system status in cattle. *Bulletin of Agrarian Science*, 54(3), 91-94. (In Russian). EDN: [UJHENL](#)
12. Biehl, R. R., Baker, D. H., & DeLuca, H. F. (1995). 1 α -Hydroxylated cholecalciferol compounds act additively with microbial phytase to improve phosphorus, zinc and manganese utilization in chicks fed soy-based diets¹. *The Journal of nutrition*, 125(9), 2407-2416. DOI: [10.1093/jn/125.9.2407](#)
13. Blakely, L. P., Wells, T. L., Kweh, M. F., Buoniconti, S., Reese, M., Celi, P., & Nelson, C. D. (2023). Effect of vitamin D source and amount on vitamin D status and response to endotoxin challenge. *Journal of Dairy Science*, 106(2), 912-926. DOI: [10.3168/jds.2022-22354](#) EDN: [JTRMVM](#)
14. Dittmer, K. E., & Thompson, K. G. (2011). Vitamin D metabolism and rickets in domestic animals: a review. *Veterinary pathology*, 48(2), 389-407. DOI: [10.1177/0300985810375240](#)
15. Farmonov, N., & Rejebbayev, J. E. (2025). Vitamins A, D, E and K in calves and their effects on the body. *Web of Agriculture: Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3(3), 36-38.
16. González-Garduño, R., Peña-Escalona, F. L., Hernández-Díaz, R., Luna-Palomera, C., de Jesús Maldonado-Siman, E., del Jesus Flores-Santiago, E., & Chay-Canul, A. J. (2025). Hematological changes in anemic dairy calves treated with a hematinic complex. *Veterinary World*, 18(4), 994. DOI: [10.14202/vetworld.2025.994-1001](#)
17. Holick, M. F. (2006). Resurrection of vitamin D deficiency and rickets. *The Journal of clinical investigation*, 116(8), 2062-2072. DOI: [10.1172/JCI29449](#)
18. Thompson, K. G., Piripi, S. A., & Dittmer, K. E. (2008). Inherited abnormalities of skeletal development in sheep. *The Veterinary Journal*, 177(3), 324-333. DOI: [10.1016/j.tvjl.2007.08.015](#)

Информация об авторах:

И. Д. Пузиков – аспирант;
 А. В. Савинков – доктор биологических наук, профессор;
 Ю. А. Курлыкова – кандидат биологических наук, доцент.

Information about the authors:

I. D. Puzikov – Post Graduate Student;
 A. V. Savinkov – Doctor of Veterinary Sciences, Professor;
 Y. A. Kurlykova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The contribution of the authors: the authors contributed to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 22.07.2025; одобрена после рецензирования 24.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.
 The article was submitted 22.07.2025; approved after reviewing 24.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Иващенко К. В., Сушко С. В., Доброхотов А. В., Захарова Е. А., Хорошаев Д. А., Троц Н. М., Орлова Л. В.</i> Продуктивность и качество сортов люпина в зависимости от условий питания.....	3
<i>Газзаева М. Ф., Басиева Л. Ж., Козырев А. Х., Цугжиева В. Б., Цагараева Э. А.</i> Продуктивность и качество сортов люпина в зависимости от условий питания.....	11
<i>Бакаева Н. П., Демидюк Б. А.</i> Влияние навоза и биостимулятора на урожайность и химический состав зеленой массы растений и зерна сои.....	17
<i>Манухин А. И., Троц В. Б., Троц Н. М.</i> Эффективность применения магнийсеросодержащих удобрений под сою.....	23
<i>Епишева Ю. Ю., Ярцев Г. Ф., Байкасенов Р. К.</i> Фотосинтетическая деятельность посевов озимой и яровой пшеницы в зависимости от применения ЖКУ и регулятора роста в условиях Оренбургского Предуралья.....	30
<i>Никоноров А. М., Троц В. Б., Троц Н. М.</i> Использование калийсодержащего глинистого шлама для удобрения кукурузы.....	36
<i>Фомин В. Н., Гайнутдинов И. Р.</i> Влияние фона питания и схем листовых подкормок на фотосинтетическую деятельность посевов и продуктивность кукурузы при возделывании на силос.....	41
<i>Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л.</i> Влияние способов основной обработки почвы на её физические показатели, урожайность и белковость зерна ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья.....	47
<i>Миникаев Р. В., Шайхутдинов Ф. Ш., Гилязов М. Ю., Сержанов И. М., Амиров М. Ф.</i> Влияние плодосмена на урожай сельскохозяйственных культур и плодородие светло-серой лесной почвы Республики Татарстан.....	53
<i>Горяев Р. А., Пазин М. А.</i> Целлюлозолитическая активность серой лесной почвы под влиянием деструкторов растительных остатков в условиях Юга Западной Сибири.....	58
<i>Сетин В. Н., Загорянский А. Н., Володина И. А., Нечаева Е. Х., Васина Н. В.</i> Опыт интродукции якорцев стелющихся (<i>Tribulus terrestris</i> L.), в Средневолжском регионе.....	64

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

<i>Курочкин А. А.</i> Обоснование термовакuumной системы агрегата для переработки растительного сырья.....	69
<i>Стручаев Н. И., Чебанов А. Б., Адамова С. В., Стручаев К. Н., Милько Д. А.</i> Коэффициент теплопроводности как обобщающий параметр эффективности горения лузги клещевины в топке котла....	75
<i>Курдюмов В. И., Прошкин В. Е., Прошкин Е. Н., Богатский Р. В.</i> Обоснование основных конструктивных параметров планчато-волнового катка.....	81

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

<i>Хакимов И. Н., Власова Н. И., Мударисов Р. М.</i> Приросты и затраты кормов помесного молодняка герефордской и бельгийской голубой пород.....	88
<i>Кравайнис Ю. Я., Кравайне Р. С., Шкрабак В. С., Шкрабак Р. В.</i> Влияние кормовой добавки с гепатопротекторным действием на уровень повышения молочной продуктивности коров разных типов высшей нервной деятельности.....	94
<i>Пузиков И. Д., Савинков А. В., Курлыкова Ю. А.</i> Влияние оригинальной белково-минеральной добавки на гематологические показатели при рахите телят.....	100

CONTENS

AGRICULTURE

<i>Ivashchenko K. V., Sushko S. V., Dobrokhoto A. V., Zakharova E. A., Khoroshayev D. A., Trots N. M., Orlova L. V.</i> Assess-ment of carbon balance components in agroecosystems with traditional and zero chernozem treatments.....	3
<i>Gazzayeva M. F., Basiyeva L. Zh., Kozyrev A. Kh., Tsugkiyeva V. B., Tsagarayeva E. A.</i> Productivity and quality of lupine seeds depending on nutritional conditions.....	11
<i>Bakaeva N. P., Demidyuk B. A.</i> The effect of manure and biostimulator on the yield and chemical composition of the green mass of plants and soybeans.....	17
<i>Manukhin A. I., Trots V. B., Trots N. M.</i> Effectiveness of using magnesium-sulfur fertilizers for soy.....	23
<i>Episheva Yu. Yu., Yartsev G. F., Baikasenov R. K.</i> Photosynthetic activity of winter and spring wheat crops depending on the use of the liquid fertilizers and growth regulator in the conditions of the Orenburg Pre-Urals region.....	30
<i>Nikonorov A. M., Trots V. B., Trots N. M.</i> Use of potassium-containing clay slurry for corn fertilization.....	36
<i>Fomin V. N., Gainutdinov I. R.</i> Influence of feeding background and foliar feeding schemes on photosynthetic activity of crops and productivity of corn during silage cultivation.....	41
<i>Bakaeva N. P., Saltykova O. L.</i> Influence of soil treatment methods on its physical parameters, yield, and protein content of spring barley grain in the Middle Volga Region.....	47
<i>Minikaev R. V., Shaikhutdinov F. Sh., Gilyazov M. Yu., Serganov I. M., Amirov M. F.</i> The effect of fruit exchange on crop yields and the fertility of light gray forest soil in the Republic of Tatarstan.....	53
<i>Goryaev R. A., Pazin M. A.</i> Cellulosolytic activity of gray forest soil under the influence of plant residues destructors in the conditions of the south of Western Siberia.....	58
<i>Setin V. N., Zagoryansky A. N., Volodina I. A., Nechaeva E. Kh., Vasina N. V.</i> Experience of introduction of creeping anchors (<i>Tribulus terrestris</i> L.) in the Middle Volga region.....	64

TECHNOLOGY, MEANS OF MECHANIZATION AND POWER EQUIPMENT IN AGRICULTURE

<i>Kurochkin A. A.</i> Justification of the thermovacuum system of the unit for processing plant raw materials.....	69
<i>Struchaev N. I., Chebanov A. B., Adamova S. V., Struchaev K. N., Milko D. A.</i> Coefficient of thermal conductivity as a generalizing efficiency parameter castor oil plant husk burning in the furnace.....	75
<i>Kurdyumov V. I., Proshkin V. E., Proshkin E. N., Bogatsky R. V.</i> Justification of the main design parameters slat-wave roller.....	81

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

<i>Khakimov I. N., Vlasova N. I., Mudarisov R. M.</i> Growth and feed consumption of crossbred Hereford and Belgian Blue young stock.....	88
<i>Kravainis Yu. Ya., Kravine R. S., Shkrabak V. S., Shkrabak R. V.</i> The effect of a feed additive with a hepatoprotective effect on the level of increased milk productivity of cows of different types of higher nervous activity.....	94
<i>Puzikov I. D., Savinkov A. V., Kurlykova Yu. A.</i> The effect of the drug rachipred on hematological indicators in calves with rachitis.....	100

Самарский государственный аграрный университет предлагает всем желающим аспирантам, преподавателям, научным работникам опубликовать результаты исследований в научном журнале «Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии». Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

К публикации в журнале принимаются оригинальные, не опубликованные ранее основные научные результаты по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям наук, по которым присуждаются ученые степени:

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология (биологические науки),
- 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки),
- 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (биологические науки),
- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки),
- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки),
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки),
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки),
- 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки),
- 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 84460.

Периодичность выхода – 4 раза в год.

Адрес редакции: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

Тел.: 8 939 754 04 86 (доб. 608), E-mail: ssaariz@mail.ru

Требования к оформлению статей

Статьи представляются на русском языке в электронном виде в редакцию на электронную почту журнала ssaariz@mail.ru либо загружаются в личном кабинете автора на платформе научных журналов «Эко-вектор» (<https://bulletin.ssaa.ru>). Статья набирается в редакторе Microsoft WORD со следующими параметрами страницы. Поля: верхнее – 2 см, левое – 3 см, нижнее – 2,22 см, правое – 1,0 см. Размер бумаги А4. Стиль обычный. Шрифт – Arial Narrow. Размер шрифта основного текста – 13 пт, межстрочный интервал для текста – полуторный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту (1,25 см).

До основного текста статьи приводят следующие элементы издательского оформления (затем повторяют на английском языке): тип статьи; индекс УДК; заглавие; основные сведения об авторах (имя, отчество, фамилия, наименование организации, где работает или учится автор, адрес организации, электронный адрес автора, открытый идентификатор учёного (ORCID); резюме (необходимо осветить цель, методы, результаты с приведением количественных данных, чётко сформулировать выводы, объем – 200-250 слов, размер шрифта – 12 пт, интервал одинарный), 5-7 ключевых слов (словосочетаний). Имена авторов приводят в транслитерированной форме на латинице по ГОСТ 7.79 или в той форме, в какой её установил автор.

Основной текст публикуемого материала должен быть изложен ясно, лаконично. В начале статьи следует кратко сформулировать проблематику исследования (актуальность), затем изложить *цель исследования, задачи, материалы и методы исследований*, в конце статьи – *результаты исследований* с указанием их прикладного характера, *заключение*.

В тексте могут быть таблицы и рисунки. Иллюстративный материал должен быть четким, ясным, качественным. Формулы оформляются в редакторе формул MathType, в тексте статьи размещаются по центру. Статья не должна заканчиваться формулой, таблицей, рисунком.

Объем рукописи 8-12 стандартных страниц текста, включая таблицы и рисунки (не более трех), таблицы должны иметь тематический заголовок, сложные рисунки должны быть сгруппированы. Заголовок статьи не должен содержать более 70 знаков.

В *список источников* включаются записи только тех ресурсов, которые цитируются в основном тексте статьи. **Не допускаются ссылки на учебники и учебные пособия. Библиографическую запись составляют по ГОСТ Р 7.0.5. Список источников на английском языке (References) оформляется согласно требованиям APA**

(American Psychological Association). Отсылки в тексте статьи заключают в квадратные скобки. Библиографические записи в списке источников нумеруют и располагают в порядке цитирования источников в тексте статьи. Количество источников – не менее 10.

После основного текста статьи размещают (затем повторяют на английском языке) дополнительные сведения об авторах (учёные звания, учёные степени, другие (кроме ORCID) идентификационные номера авторов), сведения о вкладе каждого автора, указание об отсутствии или наличии конфликта интересов, и детализация такого конфликта в случае его наличия.

В конце документа необходимо указать, какой научной специальности и отрасли науки соответствуют представленные в ней научные результаты.

За содержание статьи (точность приводимых в рукописи цитат, фактов, статистических данных) **ответственность несут авторы.**

Материалы, оформление которых не соответствует изложенным выше требованиям, редколлегией не рассматриваются. Все поступившие рукописи, оформленные в соответствии с требованиями журнала, проверяются на корректность заимствований, оригинальность должна быть не ниже 80 %.

Каждая статья, поступившая на рассмотрение в журнал «Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии», направляется на рецензирование. Рецензирование статей – двухстороннее слепое (анонимное). Для повышения качества рецензирования главный редактор может отправлять рецензию другим рецензентам, не открывая при этом имен рецензентов. Копии рецензий могут быть предоставлены по запросу в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. В случае отрицательной рецензии статья с рецензией возвращается автору. Отклоненная статья может быть повторно представлена в редакцию после доработки по замечаниям рецензентов. Принятые к публикации или отклоненные редакцией рукописи авторам не возвращаются.