

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI

УЧРЕДИТЕЛИ: СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ОСНОВАН В 1971 г.

ВЫХОДИТ ШЕСТЬ РАЗ В ГОД

Том 52, № 3 (286)

DOI: 10.26898



2022

май – июнь

Главный редактор – Донченко Александр Семенович, академик РАН, доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, руководитель научного направления Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Заместитель главного редактора – Ломбанина Татьяна Александровна, начальник редакционно-издательского отдела Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Редакционная коллегия:

В.В. Азаренко	д-р техн. наук, член-корреспондент НАН Беларуси, Минск, Беларусь
В.В. Альт	академик РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
О.С. Афанасенко	академик РАН, д-р биол. наук, Санкт-Петербург, Россия
Б. Бямбаа	д-р вет. наук, академик Академии наук Монголии, Улан-Батор, Монголия
А.Н. Власенко	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.Г. Власенко	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
К.С. Голохваст	член-корреспондент РАО, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
О.В. Голуб	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
Н.П. Гончаров	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Гулюкин	академик РАН, д-р вет. наук, Москва, Россия
В.Н. Десягин	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
С.А. Джохари	профессор, PhD, Санандадж, Иран
И.М. Донник	академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия
Н.А. Донченко	член-корреспондент РАН, д-р вет. наук, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов	член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлов	академик РАН, д-р техн. наук, Москва, Россия
Н.И. Кашеваров	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
В.И. Кирюшин	академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия
С.Н. Магер	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
К.Я. Мотовилов	член-корреспондент РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
О.К. Мотовилов	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
А.М. Наметов	д-р вет. наук, член-корреспондент НАН Республики Казахстан, Уральск, Казахстан
В.С. Николов	д-р вет. наук, София, Болгария
С.П. Озорнин	д-р техн. наук, Чита, Россия
В.Л. Петухов	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Р.И. Полюдина	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Селионова	д-р биол. наук, Москва, Россия
В.А. Солошенко	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.А. Сурин	академик РАН, д-р с.-х. наук, Красноярск, Россия
И.Ф. Храмов	академик РАН, д-р с.-х. наук, Омск, Россия
С. Эркисли	профессор, PhD, Эрзурум, Турция
С.Х. Янг	профессор, PhD, Кванджу, Корея



www.sibvest.elpub.ru



Редакторы *Е.В. Мосунова, Г.Н. Ягунова*. Корректор *В.Е. Селянина*. Оператор электронной верстки *Н.Ю. Бориско*. Переводчик *М.Ш. Гаценко*.
Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ ФС77-64832 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 2 февраля 2016 г.

Издатель: Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук
Адрес редакции: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463
Тел./факс (383)348-37-62 e-mail: sibvestnik@sfsca.ru, vestnik.nsk@ngs.ru; <https://sibvest.elpub.ru/jour>

Вышел в свет 25.05.2022. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 17,0.

Уч-изд. л. 15,25. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агrobiотехнологий Российской академии наук

© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук», 2022

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2022



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
И ХИМИЗАЦИЯ

AGRICULTURE
AND CHEMICALIZATION

Садохина Т.А., Матенькова Е.А., Гаврилец Т.В., Петров А.Ф., Данилов В.П., Кокорин А.В. Влияние органических удобрений на основе куриного помета на продуктивность овса и микробиологические показатели почвы

5 Sadokhina T.A., Matenkova E.A., Gavrillets T.V., Petrov A.F., Danilov V.P., Kokorin A.V. Effect of organic fertilizers based on chicken manure on oat productivity and microbiological indicators of the soil

Шмалько И.А., Багринцева В.Н. Урожай и окупаемость удобрений при корневом и некорневом питании растений кукурузы

17 Shmalko I.A., Bagrintseva V.N. Yield and return on fertilizer with root and foliar feeding of corn plants

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

Дорохов Б.А., Браилова И.С., Беляева Е.П. Особенности формирования урожая и качества зерна озимой пшеницы в Центральном Черноземье

24 Dorokhov B.A., Brailova I.S., Belyaeva E.P. Specifics of yield formation and grain quality of winter wheat in the Central Chernozem Region

Сазонов Ф.Ф. Селекционная оценка черной смородины по признаку габитуса куста

35 Sazonov F.F. Breeding evaluation of black currant on the basis of shrub habitus

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

Шабатуков А.Х. Устойчивость сортов озимой пшеницы к возбудителям болезней в условиях степной зоны Кабардино-Балкарской Республики

46 Shabatukov A.Kh. Resistance of winter wheat varieties to pathogens in the conditions of the steppe zone of the Kabardino-Balkar Republic

ЗООТЕХНИКА
И ВЕТЕРИНАРИЯ

ZOOTECHNICS
AND VETERINARY MEDICINE

Егоров С.В., Магер С.Н., Носенко Н.А., Итэсь Ю.В. Влияние биологически активных веществ скорлупы кедрового ореха на продуктивные показатели молодняка перепелов

52 Egorov S.V., Mager S.N., Nosenko N.A., Ites Yu.V. Effect of biologically active substances of pine nut shells on productive indicators of young quails

Хамируев Т.Н., Базарон Б.З., Дашинмаев С.М. Эколого-физиологические механизмы адаптации молодняка овец в условиях Забайкалья

61 Khamiruyev T.N., Bazaron B.Z., Dashinmaev S.M. Ecological and physiological mechanisms of adaptation of young sheep in the conditions of Transbaikalia

Мирошников С.А., Дускаев Г.К., Шейда Е.В., Рязанов В.А. Влияние преобразованной лузги подсолнечника на ферментативные процессы в рубце жвачных животных *in vitro*

71 Miroshnikov S.A., Duskaev G.K., Sheida E.V., Ryazanov V.A. Effect of transformed sunflower husk on enzymatic processes in the rumen *in vitro*

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

FODDER PRODUCTION

Боголюбова Е.В. Влияние приемов возделывания на урожайность клевера паннонского сорта Премьер в лесостепи Западной Сибири

79 Bogolyubova E.V. Influence of cultivation methods on the premier cultivar of Hungarian clover yield in the forest-steppe of Western Siberia

Шаманин А.А., Попова Л.А. Продуктивность кормовых агроценозов в условиях северных регионов Архангельской области

87 Shamanin A.A., Popova L.A. Productivity of fodder agrocenoses in the northern territories of the Arkhangelsk Region

*МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ*

**Яковлев Н.С., Рассомахин Г.К., Чеку-
сов М.С., Чернышов А.П.** Методика
обоснования технических средств для
возделывания зерновых культур

**Усольцев С.Ф., Ивакин О.В., Рыба-
ков Р.В., Подолец А.М.** Кинемати-
ческая схема механизма и алгоритм
управления шириной вытяжного про-
ема культивационного сооружения

НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

**Красочко П.А., Корочкин Р.Б., Понась-
ков М.А., Ронишенко Б.В., Шма-
най В.В.** Цитотоксическое действие
наночастиц окисленного графена на
бактериальные клетки

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

**К юбилею Виктора Алексеевича
Марченко**

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

**К 100-летию академика Василия Рома-
новича Боева (1922–2004 гг.)**

Василий Герасимович Луницын

*MECHANISATION, AUTOMATION,
MODELLING AND DATAWARE*

**97 Yakovlev N.S., Rasomahin, G.K., Che-
kusov M.S., Chernyshov A.P.** Technical
equipment justification methodology for
the cultivation of grain crops

**107 Usoltsev S.F., Ivakin O.V., Rybakov R.V.,
Podolets A.M.** Kinematic diagram of the
mechanism and algorithm for controlling
the width of the indoor structure exhaust
opening

SCIENTIFIC RELATIONS

**114 Krasochko P.A., Korochkin R.B., Ponas-
kov M.A., Ronishenko B.V., Shma-
nai V.V.** The cytotoxic effect of graphene
oxide nanoparticles on bacterial cells

OUR JUBILJARS

**126 On the Jubilee of Viktor Alexeevich
Marchenko**

IN COMMEMORATION OF SCIENTIST

**128 On the occasion of the 100th anniversary
of academician Vasily Romanovich Boev
(1922-2004)**

130 Vasily Gerasimovich Lunitsyn



ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ КУРИНОГО ПОМЕТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОВСА И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ

✉ ^{1,2} Садохина Т.А., ¹ Матенькова Е.А., ¹ Гаврилец Т.В., ¹ Петров А.Ф.,
² Данилов В.П., ² Кокорин А.В.

¹Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: sadohina78@yandex.ru

Представлены результаты изучения влияния препаратов на основе куриного помета на рост и развитие овса. Куриный помет содержит в своем составе ценные вещества, которые легко используются растениями, но из-за содержания большого количества патогенных микроорганизмов его применение может приводить к загрязнению окружающей среды. В настоящее время перспективным направлением является использование птичьего помета после дополнительной обработки. В исследованиях применяли переработанный куриный помет с использованием кавитационно-вихревого теплогенератора методом перегонки сухого помета в виде 10%-го раствора в воде и получения различных проб удобрений. Обработку помета проводили при разных тепловых режимах – 60 и 75 °С, с использованием озона или без него. Изучено влияние органических удобрений на основе куриного помета на биологическую активность почвы и продуктивность овса. Численность основных групп микроорганизмов устанавливали общепринятым методом высева на плотные питательные среды. Фитотоксичность почвы определяли в соответствии с рекомендациями по тест-объекту. Рост и развитие овса изучали в течение вегетации, оценивая наступление фенолологических фаз, биометрические показатели и элементы структуры урожайности. Выявлено негативное влияние куриного помета на микрофлору (появление условно фитопатогенных грибов) и фитотоксичность почвы, а также на состояние культурных растений. Помет, переработанный методом перегонки в органические удобрения, улучшает экологическую обстановку. Установлено положительное влияние органических удобрений на основе птичьего помета на фитосанитарное состояние и азотфиксирующую активность почвы. На фоне применения органических удобрений отмечено увеличение продуктивности овса. Получена достоверная прибавка зеленой массы и сухого вещества в фазу цветения овса на 6,0–6,2 и 1,1–1,7 т/га соответственно. Урожайность зерна овса была выше на 0,7–0,8 т/га, или 20%, по сравнению с контролем.

Ключевые слова: микрофлора почвы, помет, органическое удобрение, овес

EFFECT OF ORGANIC FERTILIZERS BASED ON CHICKEN MANURE ON OAT PRODUCTIVITY AND MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF THE SOIL

✉ ^{1,2} Sadokhina T.A., ¹ Matenkova E.A., ¹ Gavrilets T.V., ¹ Petrov A.F., ² Danilov V.P., ² Kokorin A.V.

¹Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russia

²Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

✉ e-mail: sadohina78@yandex.ru

The results of studying the effect of preparations based on chicken manure on the growth and development of oats are presented. Chicken manure contains valuable substances that are easily used by

plants, but because of the large number of pathogens, its use can lead to pollution of the environment. Currently, a promising direction is the use of poultry manure after additional treatment. Recycled chicken manure was used in the research using a cavitation-vortex heat generator by distilling dry manure as a 10% solution in water and obtaining various fertilizer samples. The manure was treated at different thermal regimes - 60 and 75 °C, with or without ozone. The effect of organic fertilizers based on chicken manure on soil biological activity and productivity of oats was studied. Numbers of the main groups of microorganisms were established by the conventional method of seeding on nutrient dense media. Soil phytotoxicity was determined according to the test-object recommendations. Oat growth and development were studied during the vegetation period, evaluating the onset of phenological phases, biometric indicators and elements of yield structure. A negative effect of chicken manure on the microflora (the appearance of conditionally phytopathogenic fungi) and phytotoxicity of soil, as well as on the condition of cultivated plants was revealed. The manure processed by distillation into organic fertilizer improves the environmental situation. A positive effect of organic fertilizers based on poultry manure on the phytosanitary state of the soil and nitrogen-fixing activity of the soil was found. An increase in productivity of oats was noted on the background of the application of organic fertilizers. There was a significant increase in green mass and dry matter in the flowering phase of oats by 6.0-6.2 and 1.1-1.7 tons/ha, respectively. Oat grain yield was higher by 0.7-0.8 t/ha, or 20%, compared to the control.

Keywords: soil microflora, manure, organic fertilizer, oats

Для цитирования: Садохина Т.А., Матенькова Е.А., Гаврилец Т.В., Петров А.Ф., Данилов В.П., Кокорин А.В. Влияние органических удобрений на основе куриного помета на продуктивность овса и микробиологические показатели почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 5–16. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-1>. EDN DBHIDW

For citation: Sadokhina T.A., Matenkova E.A., Gavrilets T.V., Petrov A.F., Danilov V.P., Kokorin A.V. Effect of organic fertilizers based on chicken manure on oat productivity and microbiological indicators of the soil. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 5–16. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-1>. EDN DBHIDW

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Птицеводство – одна из самых быстро-развивающихся агропромышленных отраслей в мире из-за растущего спроса на яйца и мясные продукты [1]. Куриный помет – отходы, образующиеся в больших количествах в процессе выращивания птицы, представляют собой смесь куриных фекалий, перьев, подстилки и разлитого корма, лекарств и воды¹ [2].

Такие отходы потенциально важны для внесения в почву в качестве органического удобрения из-за относительно высокого содержания в них питательных веществ, особенно азота, что связано с изначально высоким содержанием белка и аминокислот² [3]. Внесение в почву куриного помета в качестве органического удобрения – самый де-

шевый и наиболее экологически безопасный метод его утилизации [1]. Основная проблема заключается в том, как максимизировать преимущества куриного помета в качестве органического удобрения при одновременном смягчении потенциального негативного воздействия на окружающую среду, поскольку происходит загрязнение его патогенными микроорганизмами, в том числе бактериями, грибами, вирусами [4, 5]. В настоящее время одно из экологически безопасных и перспективных направлений использования в качестве органического удобрения птичьего помета – его предварительная переработка, которая позволяет довести качественные показатели удобрения до необходимых технологических, санитарно-гигиенических и удобрительных показателей [6].

¹Aires A.M. Biodigestão Anaeróbica da Cama de Frangos de Corte com ou sem Separação das Frações Sólida e Líquida. Master's Thesis, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias- UNESP, Jaboticabal, Brazil. 2009.

²Griffiths N. Best practice guidelines for using poultry litter on pastures. In Agnote DPI-212. Sydney, Australia: State of New South Wales (NSW) Department of Primary Industries 2007. P. 1–33.

Установлено, что взаимодействие между почвенными микробами и переработанным органическим удобрением может установить гомеостаз почвенных микробных сообществ, способствовать росту растений и подавлять переносимые через почву патогены [7]. В ризосфере происходят сложные биологические и экологические процессы, в частности взаимодействие растений и микробов, обитают полезные микробы, а также почвенные патогены, которые конкурируют друг с другом [8–12].

Ризосферное сообщество включает множество видов, оказывающих благотворное влияние на рост и здоровье растений, таких как азотфиксирующие бактерии, микоризные грибы, ризомикробы, стимулирующие рост растений, микробы биоконтроля и простейшие, в то время как переносимые через почву патогены, которые колонизируют ризосферу, вызывают заболевания растений, разрушая защитный микробный щит и преодолевая врожденные защитные механизмы растений [13]. Сложность и разнообразие микробов в ризосфере необходимы для поддержания гомеостаза в почвенной экосистеме [14].

Учитывая остроту проблемы утилизации птичьего помета в аграрном комплексе Сибирского региона, предотвращение деградации и повышение почвенного плодородия, а также отсутствие информации о влиянии нового органического удобрения на микробиологические показатели почвы, есть основание говорить об актуальности представленного исследования.

Цель исследования – дать сравнительную оценку органическим удобрениям на основе куриного помета и установить их влияние на биологическую активность почвы; определить эффективность использования птичьего помета в качестве органического удобрения для сохранения биоресурсов почвы и продуктивность овса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020, 2021 гг. в полевых опытах на стационаре Сибирского научно-исследовательского института

кормов СФНЦА РАН, расположенном в северной лесостепи Приобья Новосибирской области. Тип почвы – чернозем выщелоченный среднемощный среднесуглинистый, содержание органического углерода в почве 3,48%, pH 5,3. Сумма поглощенных оснований 58–61 мг/экв. на 100 г почвы. Предшественник – пар.

По климатическим ресурсам – это умеренно теплый, недостаточно увлажненный агроклиматический район. Среднегодовое количество осадков 350–450 мм, из них 254 мм выпадает в теплый период года (апрель – сентябрь), за июнь – август – 113–130 мм. Гидротермический коэффициент (по Селянинову) составляет 1,0–1,2 в период с температурой воздуха выше 10 °C. Сумма положительных температур выше 10 °C в среднем 1880° с отклонениями по годам от 1500 до 2250°.

Вегетационный период 2020 г. по количеству осадков можно охарактеризовать (по обобщенному показателю ГТК за май – сентябрь 1,29) как близкий к климатической норме для места проведения исследований, но с переменным по месяцам количеством осадков и недостатком влаги в июне (ГТК 0,4) и во II декаде июля (ГТК 0,6). За вегетационный период 2021 г. сумма выпавших осадков составила 202 мм (ГТК 0,9). С мая по август сумма температур выше 10 °C составила 2090°. В летние месяцы вегетации растений температура воздуха была на уровне среднеемноголетнего значения, и только в мае выше на 1,7–3,5 °C. Осадки распределялись неравномерно.

Схема опыта: контроль, куриный помет (без переработки), препарат 1, препарат 2, азотные удобрения N₆₀. Изучали два варианта органических удобрений на основе куриного помета, полученных с использованием кавитационно-вихревого теплогенератора методом перегонки полусухого помета в виде 10%-го раствора в воде и получения различных проб удобрений, в дальнейшем применяемых в опыте. Обработку помета проводили при тепловых режимах от 60 до 75 °C с использованием озона или без него. Партии полученного органического удобрения

ния различались режимами переработки куриного помета. В лабораторных условиях проведено определение химического состава переработанного куриного помета, контролем служили исходные образцы помета. Установлено, что массовая доля сухого вещества непереработанного куриного помета составляет 76,7%, переработанного – 3,6%. Доля органического вещества в пересчете на сухое у исходного образца 77,2%, у переработанного – 81,6%, pH исходных образцов был 8,6, переработанных – 7,0. Содержание общего азота, фосфора и калия в пересчете на сухое вещество в исходных образцах куриного помета составляло 4,04; 2,48 и 1,56%. Под воздействием обработки их содержание в конечном продукте несколько повысилось (за исключением фосфора): 5,56; 2,78 и 12,78% соответственно. Таким образом, лабораторные исследования химического состава птичьего помета выявили повышение содержания основных элементов питания в переработанном курином помете по сравнению с непереработанным.

За контроль взяты варианты без внесения удобрений, с внесением куриного помета без обработки и с внесением азотных минеральных удобрений в норме N_{60} , эквивалентных органическим. Посев проведен в III декаде мая. Повторность опытов трехкратная, расположение вариантов систематическое. Посевная и учетная площадь делянок $4 \times 15 \text{ м} = 60 \text{ м}^2$. Внесение удобрений проведено в два срока: весеннее – в почву под предпосевную культивацию (вручную в виде раствора) и по вегетации в период формирования зерна.

Растения овса в годы исследований развивались по-разному. В 2021 г. вегетационный период был растянут, фазы развития растений отставали на неделю от аналогичных фаз в 2020 г. Рост растений оценивали в течение вегетационного периода. Кроме того, были проанализированы характеристики урожая овса. После посева на 12, 26, 41, 59 и 79-е сутки оценили характеристики роста и развития растений. Для определения основных параметров роста растений в поле из каждой повторности случайным образом отбирали 10 растений ($n = 30$ в каждом ва-

рианте). Растения выкапывали и проводили учеты и наблюдения. Параметры урожая оценивали после уборки. Во время вегетации культуры выделяли несколько основных фаз. Продолжительность межфазных периодов определяли по следующим фазам развития овса: полным всходам, кущению, трубкованию, выметыванию, цветению, молочной спелости, восковой спелости, полной спелости. Компоненты урожайности анализировали путем оценки десяти случайных растений на каждом ранее разграниченном участке во время сбора урожая. Массу 1000 зерен оценивали путем обмолота, подсчета зерен и взвешивания.

Численность основных групп микроорганизмов определяли общепринятым методом посева на плотные питательные среды. Микроорганизмы учитывали на следующих средах: учет аммонификаторов – на МПА (мясопептонный агар); биохимическую активность микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, – на КАА (крахмало-аммиачный агар); учет аэробных азотфиксаторов – на среде Эшби по обрастанию комочков в процентах; учет целлюлозоразрушающих микроорганизмов – на среде Гетчинсона по обрастанию комочков в процентах; биохимическую активность грибов – на среде Чапека. Микроорганизмы высевали методом предельных разведений, инкубировали при температуре 28°C 3–7 дней. Число выросших колоний с учетом содержания почвенной влаги, объема капли и разведения пересчитывали на численность микроорганизмов в 1 г абсолютно сухой почвы. Фитотоксичность почвы определяли в соответствии с рекомендациями по биотесту. В качестве биотеста применяли семена редиса сорта Жара. Общую фитотоксичность учитывали по всхожести семян, длине ростков, длине корней растительного материала. Для определения токсичности водорастворимых веществ семена редиса замачивали в почвенной вытяжке.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Доказано, что сельскохозяйственные культуры отзывчивы на внесение органических удобрений и препаратов из них. Раци-

ональное использование почвенного плодородия в сумме с применением препаратов на основе куриного помета с учетом обоснованных доз сроков и способов внесения дает возможность оптимизировать питание растений с целью получения высококачественного урожая. Преимущество органических удобрений состоит в разностороннем влиянии на растения и почву. Они являются существенным источником питательных веществ для сельскохозяйственных культур и микроорганизмов, участвующих в почвообразовании.

Применение куриного помета отразилось на численности основных групп микроорганизмов. При внесении куриного помета численность аммонификаторов в начале вегетационного периода имела тенденцию снижения в 2 раза в вариантах куриный помет и препарат 1. Незначительные отличия выявлены в варианте с применением азотных удобрений и препарата 2. В конце вегетационного периода активность аммонификаторов снизилась во всех вариантах по сравнению с началом периода. В варианте с азотными удобрениями численность микроорганизмов, разлагающих органический азот, снизилась в 4 раза.

На группу бактерий, усваивающих минеральный азот, препараты и органические удобрения не оказали влияния. Только в вариантах с препаратом 2 и с азотными удобрениями в июне отмечено угнетающее влияние. Наибольшее ингибирующее действие выявлено при применении азотных удобрений, где численность бактерий, усваивающих минеральный азот, снизилась в 5,4 раза по сравнению с контролем. В сентябре количество микроорганизмов снижалось на фоне препарата 1, препарата 2 и азотных удобрений. В осенний период преобладали процессы минерализации (см. табл. 1).

Таким образом, применение куриного помета, азотных удобрений снижало численность микроорганизмов, усваивающих органические формы азота в начале вегетационного периода. Численность микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, снижалась в вариантах с препаратом 2 и азотными удобрениями.

Табл. 1. Микрофлора почвы под овсом при внесении удобрений, млн КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы (среднее за 2020, 2021 гг.)

Table 1. Microflora of the soil under oats when applying fertilizers, mln. CFU in 1 g of absolutely dry soil, (average for 2020-2021)

Вариант	Бактерии, усваивающие органический азот (МПА)		Бактерии, усваивающие минеральный азот (КАА)	
	Июнь	Сентябрь	Июнь	Сентябрь
Контроль	301,10	44,50	129,30	124,80
Куриный помет	154,90	59,15	172,65	106,15
Препарат 1	149,90	58,65	129,65	60,65
Препарат 2 с добавками	347,90	32,30	89,30	78,80
Азотные удобрения N ₆₀	204,90	11,80*	23,65	84,15
НСР ₀₅	157,59	15,27	140,42	83,94

*Достоверно на 95%-м уровне.

Меньше всего грибов наблюдали в вариантах куриный помет, препарат 2 с добавками, азотные удобрения, что меньше контроля от 1,1 и до 1,8 тыс. В варианте куриный помет доминировали грибы рода *Fusarium*, что может привести к фузариозу растений. Применение препарата 1 стимулировало развитие грибов рода *Trichoderma*, что улучшало фитосанитарное состояние почвы. В конце вегетационного периода количество микромицетов увеличилось по сравнению с началом. При внесении куриного помета отмечена тенденция к увеличению численности микромицетов, препарат 1 и азотные удобрения незначительно снижали количество грибов, препарат 2 с добавками достоверно уменьшал количество грибов в 3,9 раза (см. табл. 2).

Применение куриного помета в качестве удобрения снижало численность микромицетов, но приводило к тому, что доминировали условно фитопатогенные грибы в начале вегетационного периода. Препараты 1 и 2 способствовали развитию грибов рода *Trichoderma*. Применение азотных удобрений не влияло на численность микромицетов в почве.

Табл. 2. Численность микромицетов почвы под овсом при внесении удобрений, тыс. в 1 г абсолютно сухой почвы (среднее за 2020, 2021 гг.)

Table 2. The number of micromycetes of the soil under oats when fertilizing, thousand per 1 g of absolutely dry soil (average for 2020, 2021)

Вариант	Июнь	Сентябрь
Контроль	4,65	11,80
Куриный помет	3,30	18,48
Препарат 1	5,30	10,81
Препарат 2 с добавками	2,45	3,01*
Азотные удобрения N ₆₀	3,95	9,35
НСР ₀₅	4,29	7,16

*Достоверно на 95%-м уровне.

Табл. 3. Учет *Azotobacter* на среде Эшби, % (среднее за 2020, 2021 гг.)

Table 3. *Azotobacter* registration on Ashby medium, % (average for 2020, 2021)

Вариант	Июнь	Сентябрь
Контроль	55,95	35,30
Куриный помет	84,45*	88,50*
Препарат 1	92,65*	96,00*
Препарат 2 с добавками	91,00*	77,50*
Азотные удобрения N ₆₀	26,65	20,50
НСР ₀₅	22,55	17,30

*Достоверно на 95%-м уровне.

В условиях чернозема выщелоченного отмечено повышение азотфиксирующей способности почвы во всех вариантах, кроме варианта с азотными удобрениями (см. табл. 3).

Периодическое внесение органических удобрений способствует развитию свободноживущих микроорганизмов, усваивающих атмосферный азот. Внесение азотных удобрений снижает активность азотфиксации.

Наиболее чутким и простым в определении показателем загрязнения почв является ее общая фитотоксичность. Фитотоксич-

ность – свойство почвы, обусловленное наличием в ней загрязняющих веществ и токсинов, подавляющих рост и развитие высших растений. Основными достоинствами метода определения фитотоксичности являются его оперативность, простота и достаточно хорошая воспроизводимость.

Фитотоксичными считаются те почвы, водная вытяжка из которых угнетает прорастание семян тест-культуры или развитие проростков и корней на 20% и более в сравнении с контролем, или оказывает стимулирующее действие (меньше 30%), кото-

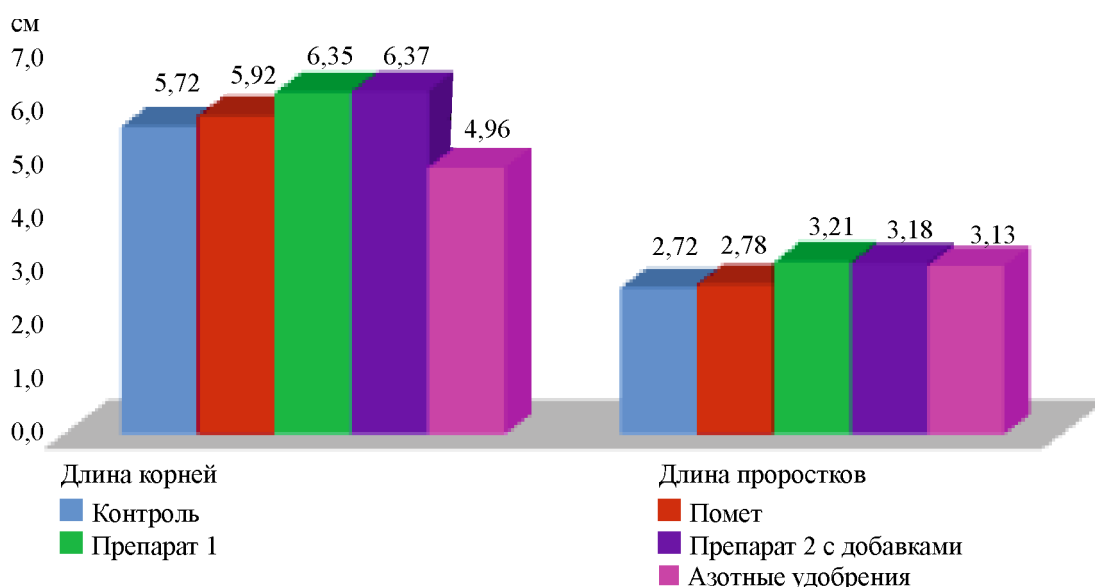


Рис. 1. Общая фитотоксичность почвы после внесения препаратов под овес в начале вегетации (среднее за 2020, 2021 гг.)

Fig. 1. Total phytotoxicity of the soil after the introduction of preparations for oat culture at the beginning of the growing season (average for 2020, 2021)

рое также часто свидетельствует о наличии высокотоксичных веществ в данной почве. В июне при учете общей фитотоксичности почвы фитотоксического действия не отмечено (см. рис. 1).

Выявлена стимуляция роста корней и проростков на фоне применения препаратов 1 и 2. Длина корней тест-культуры на этих вариантах увеличилась на 0,63–0,65 см по сравнению с контролем. В отношении азотных удобрений отмечено незначительное угнетение длины корней тест-объектов (см. рис. 2).

При учете фитотоксичности водорастворимых веществ на фоне внесения помета наблюдали угнетение роста корней и ростков редиса (см. рис. 2). Это можно объяснить содержанием токсичных веществ, которые растворяются в воде и оказывают ингибирующее действие на тест-культуру. Лучше всего развивались корни тест-культуры при использовании препарата 1.

Наличие в почве токсических водорастворимых веществ негативно сказалось на развитии проростков редиса. Это выразилось в снижении длины ростков при использовании всех препаратов.

Изучение фитотоксичности почвы проводили в динамике. К концу вегетации на фоне внесения помета и азотных удобрений отмечено небольшое угнетение роста корней и ростков тест-культуры, что свидетельствует о незначительном общем токсическом действии (см. рис. 3).

При использовании препаратов 1 и 2 ингибирующего действия в отношении корней не выявлено, напротив, отмечена стимуляция роста корневой системы тест-культуры. В почве, отобранной в конце вегетационного периода, наблюдалась фитотоксичность водорастворимых веществ, о чем свидетельствует замедление роста корней и проростков (см. рис. 4). Достоверное уменьшение длины корней по сравнению с дистиллированной водой отмечено в контрольной почве (в 1,3 раза) и в варианте с внесением помета (в 1,7 раза).

Использование препаратов 1 и 2 незначительно ингибировало рост корней тест-культуры по сравнению с дистиллированной водой, но стимулировало их относительно контроля.

Длина проростков снижалась по отношению к дистиллированной воде на всех вари-

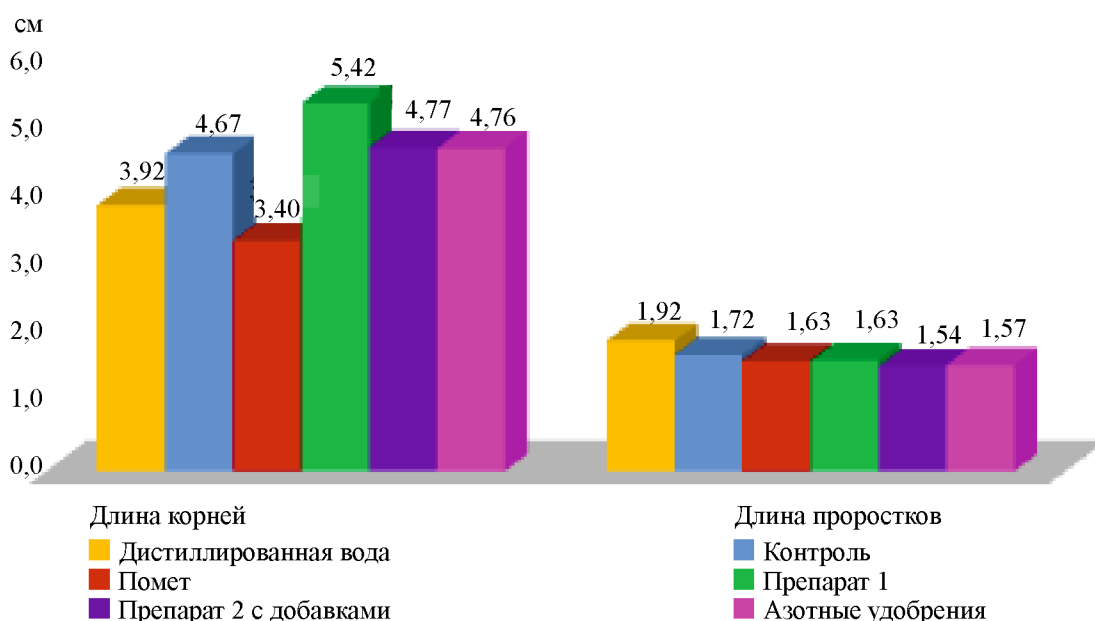


Рис. 2. Фитотоксичность водорастворимых веществ почвы после внесения препаратов под овес в начале вегетации (среднее за 2020, 2021 гг.)

Fig. 2. Phytotoxicity of water-soluble soil substances after the introduction of preparations for oat culture at the beginning of the growing season (average for 2020, 2021)

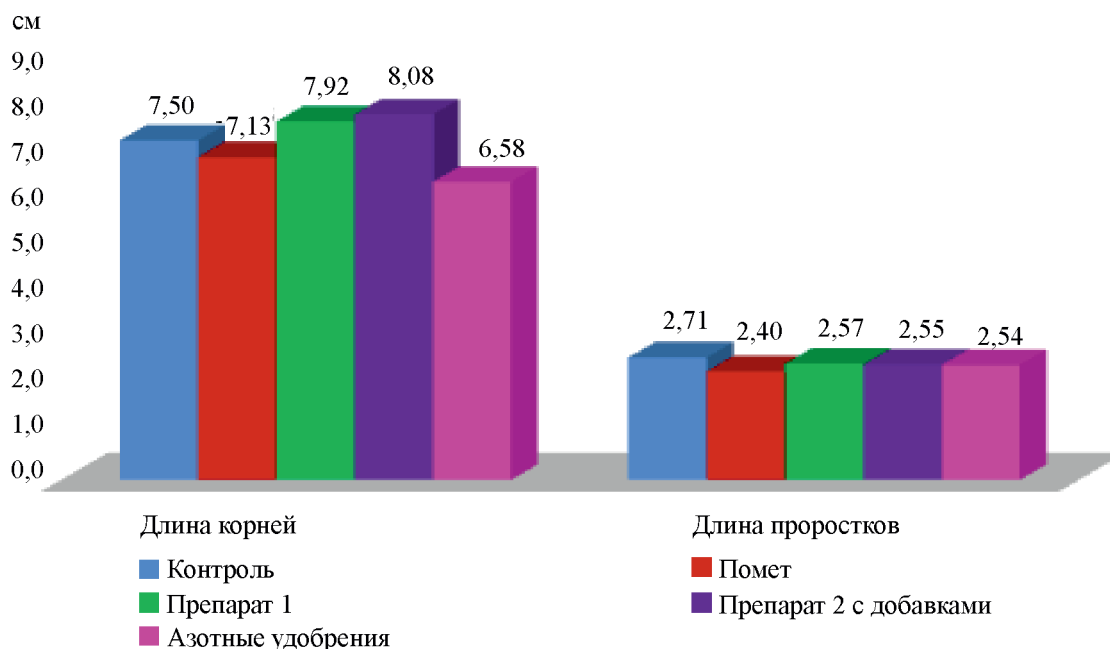


Рис. 3. Общая фитотоксичность почвы после внесения препаратов под овес в конце вегетации (среднее за 2020, 2021 гг.)

Fig. 3. Total phytotoxicity of the soil after the introduction of preparations for oat culture at the end of the growing season (average for 2020, 2021)

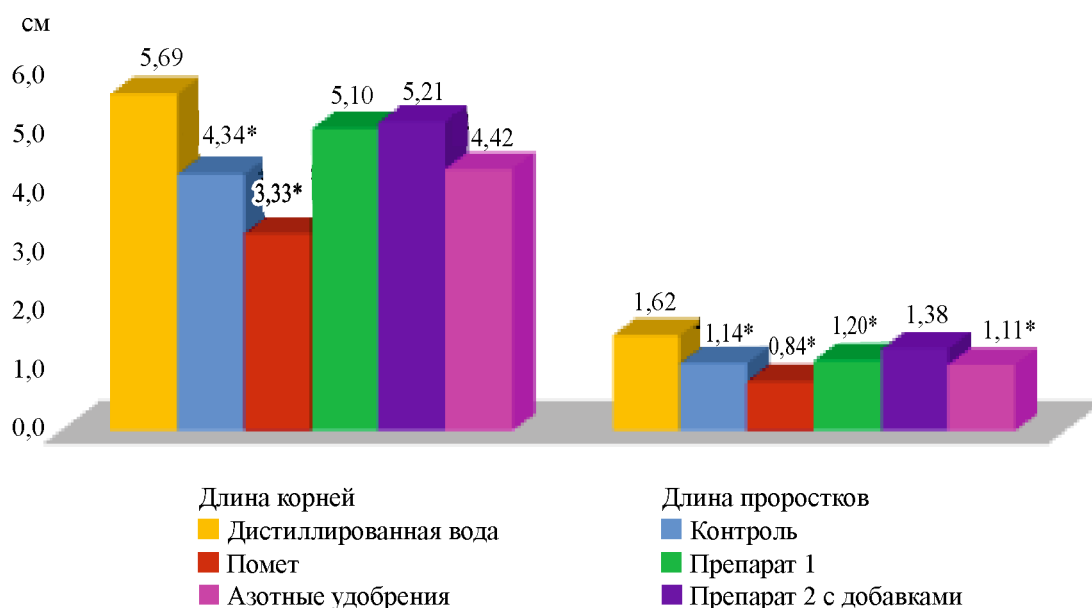


Рис. 4. Фитотоксичность водорастворимых веществ почвы после внесения препаратов под овес в конце вегетации (среднее за 2020, 2021 гг.)

Fig. 4. Phytotoxicity of water-soluble soil substances after the introduction of preparations for oat culture at the end of the growing season (average for 2020, 2021)

*Достоверно на 5%-м уровне.

антах, однако при использовании препарата 2 отличия были недостоверными. Больше всего длина проростков тест-культуры угнеталась на фоне внесения помета (в 1,9 раза).

Таким образом, при использовании чистого куриного помета в качестве удобрения

для сельскохозяйственных культур ухудшается экологическое состояние почвы, о чем свидетельствует фитотоксическое воздействие на тест-объекты.

В наших исследованиях отслеживали влияние препаратов не только на почву, но и на

рост и развитие овса. На основании результатов, полученных в полевом эксперименте в 2021, 2022 гг., установлено положительное влияние органических удобрений на основе куриного помета на формирование основных элементов структуры урожая овса: количество и массу побегов, высоту растений, массу 1000 зерен и семян с растения.

Отмечено положительное влияние препаратов 1 и 2 на высоту растений овса, которое различалось в зависимости от фенологической фазы. В фазу кущения высота на контроле составила 30,0 см, на вариантах с применением препаратов 1 и 2 – на 1,2–4,6 см выше (на 4–15%). Аналогичная тенденция прослеживалась и в фазу цветения. В фазу созревания высота на контроль-

ном варианте составила 88,0 см, применение препаратов 1 и 2 оказало ростостимулирующее влияние – увеличение высоты растений на 4,5–7,0%.

Внесение препаратов 1 и 2 на основе куриного помета способствовало более активному накоплению зеленой массы и сухого вещества в фазу цветения овса, которая достоверно увеличивалась на 6,0–6,2 и 1,16–1,7 т/га соответственно по сравнению с контролем (см. табл. 4).

Применение препаратов 1 и 2 положительно отразилось на урожайности овса, прибавка составила 0,7–0,82 т/га, что на 20% выше контроля и на 10% эффективнее внесения минеральных удобрений. Зафиксировано увеличение массы зерен в метелке

Табл. 4. Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность зеленой массы овса, т/га (среднее за 2020, 2021 гг.)

Table 4. The effect of organic and mineral fertilizers on the yield of green mass of oats, t/ha (average for 2020, 2021)

Вариант	Зеленая масса, т/га	Содержание сухого вещества, %	Сбор сухого вещества, т/га
Контроль	25,1	18,5	4,6
Куриный помет	28,3	18,1	5,0
Препарат 1	31,6*	18,5	5,8
Препарат 2 с добавками	31,1*	20,2	6,3
Азотные удобрения N ₆₀	28,8	18,0	5,0
НСР ₀₅	2,81		

*Достоверно на 95%-м уровне.

Табл. 5. Влияние препаратов на основе куриного помета на формирование элементов структуры урожая овса (среднее за 2020, 2021 гг.)

Table 5. The effect of preparations based on chicken manure on the formation of elements of the structure of the oat harvest (average for 2020, 2021)

Вариант	Количество растений перед уборкой, шт./м ²	Масса зерна в метелке, г	Число зерен в метелке, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность биологическая, т/га	Урожайность, т/га
Контроль	338	1,12	27	36,4	4,1	3,9
Куриный помет	345	1,23	30	38,5	4,5	4,3
Препарат 1	350	1,4	32	37,8	4,9*	4,7*
Препарат 2 с добавками	356	1,35	31	37,4	4,8*	4,6*
Азотные удобрения N ₆₀	345	1,22	30	38,7	4,4	4,3
НСР ₀₅					0,49	0,46

на 16–25%, числа зерен в метелке – на 17 и массы 1000 зерен на 3,6% (см. табл. 5).

Анализ продуктивности элементов структуры урожая показал, что повышение урожайности связано преимущественно с увеличением массы зерна в метелке ($r = 0,74$) и числа зерен в метелке ($r = 0,68$).

Проведенные в 2021 г. в условиях достаточно благоприятной фитосанитарной ситуации наблюдения посевов овса (с применением препаратов) не выявили тенденции к увеличению уровня зараженности растений возбудителями болезней, находящихся в органических удобрениях. Оценка фитосанитарного состояния посевов выявила наличие пятнистостей на корнях растения. На контрольном варианте индекс развития болезни составил 9,5%, что ниже ЭПВ, с распространенностью 100%. На опытных вариантах индекс развития болезни значительно ниже – до 2,7% и распространенностью до 70%.

ВЫВОДЫ

1. В условиях лесостепной зоны Западной Сибири получен положительный эффект от внесения препаратов 1 и 2 (на основе куриного помета) в почву перед посевом и по вегетации в фазе плодообразования под овес. Получена достоверная прибавка зеленой массы и сухого вещества в фазу цветения овса на 6,0–6,2 и 1,16–1,7 т/га соответственно по сравнению с контролем. Урожайность зерна овса была выше на 0,71–0,82 т/га, или 20%, по сравнению с контролем. Обработка препаратами 1 и 2 улучшала структурные показатели растений овса: на 16–25% увеличивалась масса зерна и на 17% – количество зерен в метелке.

2. Проведенный анализ данных о микробиологическом составе почв при внесении разных форм органических и минеральных удобрений показал, что применение куриного помета не оказывает положительного влияния на численность полезной микрофлоры почвы под овсом. Внесение препаратов 1 и 2 способствует улучшению фитосанитарного состояния почвы, развитию свободноживущих микроорганизмов, усваивающих атмосферный азот, что повышает доступность элементов питания для растений.

3. Использование чистого куриного помета в качестве удобрений для сельскохозяйственных культур ухудшает экологическое состояние почвы, о чем свидетельствует фитотоксическое воздействие на тест-объекты. Применение препаратов, полученных с использованием кавитационно-вихревого обораживания, способствует снижению фитотоксического воздействия по сравнению с контролем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов В.Н., Корнеева О.С., Искусных О.Ю., Искусных А.Ю. Инновационные способы переработки биоотходов птицеводства // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. № 82 (1). С. 194–200. DOI: 10.20914/2310-1202-2020-1-194-200.
2. Sanchuki C.E., Socol C.R., de Carvalho. Evaluation of poultry litter traditional composting process // Brazilian Archives of Biology and Technology. 2011. Vol. 54. P. 1053–1058. DOI: 10.1590/S1516-89132011000500024.
3. Enticknap J.J., Nonogaki H., Place A.R. Microbial diversity associated with odor modification for production of fertilizers from chicken litter // Applied Environmental Microbiology. 2006. Vol. 72. P. 4105–4114. DOI: 10.1128/AEM.02694-05.
4. Антонова О.И., Калпокас В.В. Удобрительная, токсикологическая и ветеринарно-санитарная характеристика органического модифицированного удобрения на основе куриного помета // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (188). С. 58–63.
5. Брюханов А.Ю. Обеспечение экологической безопасности животноводческих и птицеводческих предприятий (наилучшие доступные технологии): монография. СПб.: ИАЭП, 2017. 296 с.
6. Васильев Э.В., Брюханов А.Ю., Козлова Н.П. Оценка эффективности наилучших доступных технологий для интенсивного животноводства // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2016. № 88. С. 131–142.
7. Fang S., Liu D., Ye T. Tree Species Composition Influences Enzyme Activities and Microbial Biomass in the Rhizosphere. A Rhizobox Approach // PloS One. 2013. Vol. 8 (4). DOI: 10.1371/journal.pone.0061461.

8. Bais H.P., Weir T.L., Perry L.G. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms // *Annual Review of Plant Biology*. 2006. Vol. 57 (1). P. 233–266. DOI: 10.1146/annurev.arplant.57.032905.105159.
9. Philippot L., Raaijmakers J.M., Lemanceau P. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere // *Nature Reviews Microbiology*. 2013. Vol. 11 (11). P. 789–799. DOI: 10.1038/nrmicro3109.
10. Kent A.D., Triplett E.W. Microbial communities and their interactions in soil and rhizosphere ecosystems (Review) // *Annual Review of Microbiology*. 2002. Vol. 56 (1). P. 211–229. DOI: 10.1146/annurev.micro.56.012302.161120.
11. Kinkel L.L., Bakker M.G., Schlatter D.C. A coevolutionary framework for managing disease-suppressive soils // *Annual review of phytopathology*. 2011. Vol. 49. P. 47–67. DOI: 10.1146/annurev-phyto-072910-095232.
12. Mendes R., Garbeva P., Raaijmakers J.M. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms // *FEMS Microbiology Reviews*. 2013. Vol. 37 (5). P. 634–663. DOI: 10.1111/1574-6976.12028.
13. Garbeva P., Veen J.A.V., Elsas J.D.V. Microbial Diversity in Soil: Selection of Microbial Populations by Plant and Soil Type and Implications for Disease Suppressiveness // *Annual Review of Phytopathology*. 2004. Vol. 42 (42). P. 243–270. DOI: 10.1146/annurev.phyto.42.012604.135455.
14. Raaijmakers J.M., Paulitz T.C., Steinberg C. The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms // *Plant & Soil*. 2009. Vol. 321 (1–2). P. 341–361. DOI: 10.1007/s11104-008-9568-6.
15. Bais H.P., Weir T.L., Perry L.G. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annual Review of Plant Biology*, 2006, vol. 57, pp. 233–266. DOI: 10.1146/annurev.arplant.57.032905.105159.
16. Enticknap J.J., Nonogaki H., Place A.R. Microbial diversity associated with odor modification for production of fertilizers from chicken litter. *Applied Environmental Microbiology*, 2006, vol. 72, pp. 4105–4114. DOI: 10.1128/AEM.02694-05.
17. Antonova O.I., Kalpokas V.V. Fertilizing, toxicological and veterinary-sanitary characteristics of organic modified fertilizer based on chicken manure. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2020, no. 6 (188), pp. 58–63. (In Russian).
18. Bryukhanov A.Yu. *Ensuring environmental safety of livestock and poultry enterprises (best available technologies)*: St. Petersburg, IAE Publ., 2017, 296 p. (In Russian).
19. Vasil'ev E.V., Bryukhanov A.Yu., Kozlova N.P. Evaluation of the effectiveness of the best available technologies for intensive livestock breeding. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva = Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products*, 2016, no. 88, pp. 131–142. (In Russian).
20. Fang S., Liu D., Ye T. Tree Species Composition Influences Enzyme Activities and Microbial Biomass in the Rhizosphere. A Rhizobox Approach. *PloS One*, 2013, vol. 8 (4). DOI: 10.1371/journal.pone.0061461.
21. Bais H.P., Weir T.L., Perry L.G. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annual Review of Plant Biology*, 2006, vol. 57 (1), pp. 233–266. DOI: 10.1146/annurev.arplant.57.032905.105159.
22. Philippot L., Raaijmakers J.M., Lemanceau P. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nature Reviews Microbiology*, 2013, vol. 11 (11), pp. 789–799. DOI: 10.1038/nrmicro3109.
23. Kent A.D., Triplett E.W. Microbial communities and their interactions in soil and rhizosphere ecosystems (Review). *Annual Review of Microbiology*. 2002, vol. 56 (1), pp. 211–229. DOI: 10.1146/annurev.micro.56.012302.161120.
24. Kinkel L.L., Bakker M.G., Schlatter D.C. A coevolutionary framework for managing disease-suppressive soils. *Annual review of phytopathology*, 2011, vol. 49, pp. 47–67. DOI: 10.1146/annurev-phyto-072910-095232.

REFERENCES

1. Popov V.N., Korneeva O.S., Iskusnykh O.Yu., Iskusnykh A.Yu. Innovative ways to process poultry waste. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2020, no. 82 (1), pp. 194–200. (In Russian). DOI: 10.20914/2310-1202-2020-1-194-200.
2. Sanchuki C.E., Socol C.R., de Carvalho. Evaluation of poultry litter traditional composting process. *Brazilian Archives of Biology*

12. Mendes R., Garbeva P., Raaijmakers J.M. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. *FEMS Microbiology Reviews*, 2013, vol. 37 (5), pp. 634–663. DOI: 10.1111/1574-6976.12028.
13. Garbeva P., Veen J.A.V., Elsas J.D.V. Microbial Diversity in Soil: Selection of Microbial Populations by Plant and Soil Type and Implications for Disease Suppressiveness. *Annual Review of Phytopathology*, 2004, vol. 42 (42), pp. 243–270. DOI: 10.1146/annurev.phyto.42.012604.135455.
14. Raaijmakers J.M., Paulitz T.C., Steinberg C. The rhizosphere: a playground and battlefield for soil-borne pathogens and beneficial microorganisms. *Plant & Soil*, 2009, vol. 321 (1–2), pp. 341–361. DOI: 10.1007/s11104-008-9568-6.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Садохина Т.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: sadohina78@yandex.ru

Матенькова Е.А., кандидат биологических наук, доцент

Гаврилец Т.В., кандидат биологических наук, доцент

Петров А.Ф., кандидат сельскохозяйственных наук, декан, заведующий кафедрой

Данилов В.П., кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель руководителя

Кокорин А.В., аспирант

AUTHOR INFORMATION

✉ **Tatyana A. Sadokhina**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sadohina78@yandex.ru

Elena A. Matenkova, Candidate of Science in Biology, Associate Professor

Tatyana V. Gavrilets, Candidate of Science in Biology, Associate Professor

Andrey F. Petrov, Candidate of Science in Agriculture, Dean, Department Head

Viktor P. Danilov, Candidate of Science in Agriculture, Deputy Head

Artem V. Kokorin, Postgraduate Student

Дата поступления статьи / Received by the editors 07.04.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 25.05.2022

Дата публикации / Published 25.07.2022

УРОЖАЙ И ОКУПАЕМОСТЬ УДОБРЕНИЙ ПРИ КОРНЕВОМ И НЕКОРНЕВОМ ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ

Шмалько И.А., (✉)Багринцева В.Н.

Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы

Пятигорск, Ставропольский край, Россия

(✉)e-mail: maize-techno@mail.ru

Представлены результаты исследования влияния корневого и некорневого питания на урожай зерна гибридов кукурузы. Полевые опыты проведены в 2018–2020 гг. в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края. Корневое питание растений проводили под предпосевную культивацию (весной) аммиачной селитрой и нитроаммофоской дозе 30 кг д.в. Некорневое питание вносили по листу в фазе 8 листьев удобрением Вуксал Макромикс в дозе 2,5 л/га. Удобрения изучали на среднераннем гибриде Машук 220 МВ и среднеспелом Машук 355 МВ. Наибольший урожай зерна гибридов в 2018 г. получен от внесения по листу удобрения Вуксал Макромикс в дозе 2,5 л/га, прибавка относительно контроля гибрида Машук 220 МВ составила 0,89 т/га, гибрида Машук 355 МВ – 1,44 т/га. В 2019 г. наибольший урожай зерна гибридов получен от внесения под предпосевную культивацию нитроаммофоски в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$. Прибавка урожая зерна гибрида Машук 220 МВ составила 0,78 т/га (11,2%), гибрида Машук 355 МВ – 0,90 т/га (11,7%). В 2020 г. наибольший урожай зерна гибрида Машук 220 МВ получен при подкормке растений через листья удобрением Вуксал Макромикс в дозе 2,5 л/га, гибрида Машук 355 МВ при внесении под предпосевную культивацию аммиачной селитры в дозе N_{30} , прибавки составили соответственно 0,37 т/га (8,1%) и 0,29 т/га (6,6%). В среднем за 2018–2020 гг. наибольший урожай гибридов отмечен при внесении удобрения Вуксал Макромикс 2,5 л/га по листу. Прибавка урожая зерна гибрида Машук 220 МВ составила 0,60 т/га (11,0%), гибрида Машук 355 МВ – 0,63 т/га (10,5%). Окупаемость удобрений зерном при выращивании гибрида Машук 220 МВ была выше в варианте корневого питания растений удобрением Вуксал Макромикс 2,5 л/га, на 1 р. затрат получено 0,90 р. дохода. При выращивании гибрида Машук 355 МВ при внесении под предпосевную культивацию аммиачной селитры в дозе N_{30} на 1 р. затрат получено 1,69 р. дохода.

Ключевые слова: кукуруза, удобрения, корневая и некорневая подкормка, урожайность, зерно

YIELD AND RETURN ON FERTILIZER WITH ROOT AND FOLIAR FEEDING OF CORN PLANTS

Shmalko I.A., (✉)Bagrintseva V.N.

All-Russian Scientific Research Institute of Corn

Pyatigorsk, Stavropol Territory, Russia

(✉)e-mail: maize-techno@mail.ru

The results of the study of the effect of root and foliar nutrition on grain yield of maize hybrids are presented. Field experiments were conducted in 2018–2020 in the zone of sufficient moisture of the Stavropol Territory. Root nutrition of plants was carried out under presowing cultivation (in spring) with ammonium nitrate and nitroammonium phosphate at a dose of 30 kg of active agent. Foliar feeding was applied in the 8-leaf phase with Vuxal Macromix fertilizer at a dose of 2.5 l/ha. Fertilizers were studied on the middle-early hybrid Mashuk 220 MV and the mid-season-ripening Mashuk 355 MV. The highest hybrid grain yield in 2018 was obtained from the leaf application of the Vuxal Makromiks fertilizer at a dose of 2.5 l/ha, the increase relative to the control of the hybrid Mashuk 220 MV was 0.89 t/ha, the hybrid Mashuk 355 MV - 1.44 t/ha. In 2019, the highest hybrid grain yield was obtained from the application of ammonium nitrate phosphate fertilizer at a dose of $N_{30}P_{30}K_{30}$ under pre-sowing cultivation. The grain yield increase of Mashuk 220 MV hybrid was 0.78 t/ha (11.2%), of Mashuk 355 MV hybrid - 0.90 t/ha (11.7%). In 2020, the highest yield of the grain hybrid Mashuk 220 MV was obtained when feeding the plants through the leaves with

the Vuxal Macromix fertilizer at a dose of 2.5 l / ha, the hybrid Mashuk 355 MV when applying ammonium nitrate phosphate fertilizer at a dose of N₃₀ under pre-sowing cultivation, the increase amounted to respectively 0.37 t / ha (8.1%) and 0.29 t / ha (6.6%). On average for 2018-2020, the highest hybrid yields were seen with a 2.5 L/ha application of Vuxal Macromix foliar fertilizer. Increase in grain yield of the hybrid Mashuk 220 MV was 0.60 t / ha (11,0%), the hybrid Mashuk 355 MV - 0.63 t / ha (10,5%). Payback of fertilizers by grain when growing hybrid Mashuk 220 MV was higher in the variant of root feeding of plants by fertilizer Vuxal Macromix 2,5 l/ha, for 1 ruble of costs 0,90 ruble of income was received. When growing the hybrid Mashuk 355 MV with the introduction of ammonium nitrate under pre-sowing cultivation at a dose of N₃₀, 1 ruble of costs received 1.69 rubles of income.

Keywords: corn, fertilizers, root and foliar feeding, productivity, grain

Для цитирования: Шмалько И.А., Багринцева В.Н. Урожай и окупаемость удобрений при корневом и некорневом питании растений кукурузы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 17–23. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-2>. EDN HDJQBG.

For citation: Shmalko I.A., Bagrintseva V.N. Yield and return on fertilizer with root and foliar feeding of corn plants. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 17–23. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-2>. EDN HDJQBG.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Усвоение химических элементов в процессе минерального питания является важнейшей физиологической потребностью растений [1]. Кукуруза нуждается в плодородной почве, что создается соответствующей системой удобрений. Средством повышения урожайности кукурузы является правильное применение удобрений [2, 3]. Для этих целей используют различные способы улучшения обеспеченности растений элементами питания: внесение минеральных удобрений: взброс под основную обработку почвы, под предпосевную культивацию, при посеве, а также применение агрохимикатов в виде некорневых подкормок [4, 5]. Немаловажным фактором является корневое питание кукурузы. Особенности корневой системы кукурузы дают ей возможность для быстрого и значительного потребления питательных веществ из почвы [6].

Лист – основная лаборатория растения, где создается органическое вещество урожая. Через листья растения также способны усваивать макро- и микроэлементы удобрений. В листьях в результате биохимических реакций

происходит ускорение фотосинтеза, повышается содержание хлорофилла, что способствует углеводному и белковому обмену. В связи с этой особенностью листьев некорневое питание растений для кукурузы также имеет большое значение [7]. Исследованиями многих авторов отмечено положительное влияние на урожайность кукурузы азотных и комплексных удобрений, внесенных под предпосевную культивацию¹ [8–10]. Внекорневые подкормки кукурузы удобрениями, включая метаболизм растительного организма и увеличивая его потенциальные возможности, также положительно влияют на урожайность.

Производство и применение удобрений в России увеличиваются с каждым годом, расширяется их ассортимент. В последние годы возрос интерес к различным минеральным и органоминеральным удобрениям для улучшения условий питания растений полезными веществами через лист [11–13]. Кроме макро- и микроэлементов многие из них содержат аминокислоты, витамины, природные гормоны, ростостимулирующие и другие вещества. Современные наиболее эффективные агрохимикаты для некорневых подкормок растений

¹Сычев В.Г. Перспективы использования новых агрохимикатов в современных агротехнологиях / Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: Материалы докладов участников 10-й науч.-практ. конф. «Анапа-2018» / Под редакцией академика РАН В.Г. Сычева. М.: ООО «Плодородие», 2018. С. 3–6. 244 с.

представляют собой сложные многокомпонентные и multifunctional продукты с инновационными решениями. Удобрения для некорневой подкормки растений, быстро включаясь в обмен веществ, транспортируются в органы растений и обеспечивают увеличение урожая зерна кукурузы. Мировая тенденция производства растениеводческой продукции направлена на научно обоснованное применение экономически эффективных и экологически безопасных агрохимикатов.

Цель применения удобрений состоит в устранении недостатка необходимого количества того или иного требующегося кукурузе питательного вещества и в получении окупаемости затрат. Поэтому вопрос научно обоснованного, рационального применения минеральных удобрений и агрохимикатов с наибольшей окупаемостью затрат является актуальным.

Цель исследований – сравнить эффективность, а также окупаемость аммиачной селитры и нитроаммофоски, внесенных под предпосевную культивацию, и некорневой подкормки растений кукурузы в фазе 7–8 листьев удобрением Вуксал Макромикс.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые опыты проводили в 2018–2020 гг. на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный мощный тяжелосуглинистый. Объемная масса метрового слоя почвы в среднем составляет 1,25 г/м³. Гумуса в слое почвы 0–20 см содержится около 4,7%. Реакция почвенного раствора гумусового горизонта щелочная (рН водной вытяжки 7,5). Содержание в почве подвижного фосфора – низкое, обменного калия – среднее.

Исследования проводили на среднераннем гибриде Машук 220 МВ (ФАО 220) и средне-спелом Машук 355 МВ (ФАО 350). Площадь делянки, занимаемая одним гибридом кукурузы, равна 19,6 м² (7,0 × 2,8 м), учетная – 9,8 м² (7,0 × 1,4 м). Повторение вариантов в опыте четырехкратное. Предшественником кукурузы в опытах была озимая пшеница. Основная

обработка почвы отвальная. После уборки предшественника проведено двукратное лушение стерни, осенью – вспашка. Весной до посева проведены две культивации.

В 2018 г. сеяли кукурузу 28 апреля, в 2019 г. – 29 апреля, в 2020 г. – 30 апреля сеялкой УПС-8. Всходы кукурузы в 2018 г. появились 6 мая, в 2019 г. – 10 мая, в 2020 г. – 11 мая. После появления всходов в фазе 2–3 листьев формировали оптимальную густоту стояния растений – 70 тыс. шт./га. Для борьбы с сорными растениями посев кукурузы в фазе 3 листьев обработали гербицидом Аденго (0,5 л/га). С целью рыхления почвы в фазе 7–8 листьев культуры провели междурядную культивацию.

Аммиачную селитру и нитроаммофоску вносили весной под первую весеннюю культивацию. Некорневую подкормку растений кукурузы удобрением Вуксал Макромикс проводили после междурядной культивации в фазе 7–8 листьев опрыскивателем ОП-2500 серии АРГО при расходе рабочего раствора 250 л/га.

Учет урожайности проводили в фазе полной спелости зерна. С учетной площади початки выламывали вручную и обмолачивали на молотилке. При обмолоте определяли влажность зерна и пересчитывали на стандартную 14%-ю влажность. Математическую обработку урожайных данных осуществляли по методике Б.А. Доспехова².

Аммиачная селитра (азотнокислый аммоний, нитрат аммония) NH₄NO₃ – содержит (N) 34–35%. Нитроаммофоска (дигидроортофосфат аммония, нитрат аммония, хлорид калия) NH₄H₂PO₄ + NH₄NO₃ + KCl содержит (NPK) 16 : 16 : 16. Вуксал Макромикс – минеральное удобрение для некорневой подкормки кукурузы, имеющее в составе макроэлементы (N – 241,0 г/л, P₂O₅ – 241,0; K₂O – 181,0 г/л) и микроэлементы (B – 0,3 г/л, Cu – 0,76, Fe – 1,51, Mn – 0,76, Mo – 0,015, Zn – 0,76 г/л). Препаративная форма – суспензия с дополнительными эффектами рН-корректора и прилипателя.

Образцы почвы для анализа на содержание элементов питания в слое 0–20 см отбирали в фазе 5 листьев у кукурузы. Химический анализ почвы на содержание нитратного азота

²Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

проводили по методу Грандваль-Ляжу, подвижного фосфора и обменного калия – по Мачигину.

Среднее многолетнее количество осадков за период вегетации кукурузы составляет 343,6 мм. В 2018–2020 гг. осадков за май – сентябрь (период вегетации кукурузы) выпадало меньше среднего многолетнего количества: в 2018 г. – на 47,1 мм (13,7%), в 2019 г. – на 41,5 мм (12,1%), в 2020 г. – на 71,3 мм (20,8%). Среднесуточная температура воздуха в течение вегетации кукурузы в годы исследований была выше средней многолетней (17,9 °C), в 2018 г. – на 3,1 °C, в 2019 г. – на 1,8 °C, в 2020 г. – на 2,3 °C.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Внесение удобрений оказало влияние на повышение в почве элементов питания. В 2018 г. на контроле без удобрений содержание нитратного азота составило 17,4 мг/кг, подвижного фосфора 15 мг/кг, обменного калия 312 мг/кг, в 2019 г. соответственно 17,6; 12,0; 270 мг/кг, в 2020 г. – 17,6; 9,0; 235 мг/кг. В 2018 г. внесение под предпосевную культивацию аммиачной селитры в дозе N_{30} повысило содержание нитратного азота на 8,9 мг/кг, подвижного фосфора на 1,3 мг/кг, обменного калия на 18 мг/кг, в 2019 г. соответственно на 6,4; 2,0; 21,0 мг/кг, в 2020 г. на 5,2; 1,0; 31,0 мг/кг. Внесение под предпосевную культивацию нитроаммофоски в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ в 2018 г. повысило содержание нитратного азота на 6,9 мг/кг, подвижного фосфора на 2,0 мг/кг. В 2019 г. содержание

азота повысилось на 16,3 мг/кг, подвижного фосфора – на 14 мг/кг, обменного калия – на 25 мг/кг, в 2020 г. соответственно – на 12,4; 6,0; 56 мг/кг. В среднем за три года от применения удобрений содержание нитратного азота повысилось на 11,9 мг/кг, подвижного фосфора – на 7,3 мг/кг, обменного калия – на 27 мг/кг.

Полученные данные свидетельствуют о положительной реакции растений на применение удобрений как под предпосевную культивацию, так и по листу. Питание растений разными удобрениями по сравнению с неудобранным контролем повышало урожай зерна кукурузы (см. табл. 1).

В 2018 г. наиболее высокоэффективным приемом внесения удобрений оказалось foliarное внесение удобрений Вуксал Макромикс в фазе 7–8 листьев.

При питании растений через листья удобрением Вуксал Макромикс урожай зерна гибрида Машук 220 МВ существенно повысился на 18,6%, гибрида Машук 355 МВ – на 24,4%. Усвоение питательных элементов через корни при внесении под культивацию полного минерального удобрения $N_{30}P_{30}K_{30}$ не существенно повысило урожай зерна гибридов Машук 220 МВ на 14,2% и Машук 355 МВ на 5,3%.

Исключение из корневого питания фосфора и калия и внесение только аммиачной селитры в дозе N_{30} тоже было несущественным, урожай зерна гибрида Машук 220 МВ повысился на 1,3%, Машук 355 МВ – на 12,8%.

В 2019 г. наибольшее повышение урожая зерна гибрида Машук 220 МВ на 11,2%, Машук 355 МВ на 11,7% отмечено при корневом

Табл. 1. Влияние удобрений на урожай зерна, т/га (2018–2020 гг.)

Table 1. Effect of fertilizers on grain yield, t/ha (2018–2020)

Гибрид	Год	Без удобрений	Внесение удобрений под культивацию		Обработка Вуксалом Макромикс 2,5 л/га в фазе 7–8 листьев	НСР _{0,05} , т/га
			N_{30}	$N_{30}P_{30}K_{30}$		
Машук 220 МВ	2018	4,79	4,85	5,47	5,68	0,71
	2019	6,98	7,53	7,76	7,60	0,30
	2020	4,55	4,64	4,38	4,92	0,36
В среднем		5,44	5,67	5,87	6,04	
Машук 355 МВ	2018	5,90	6,42	6,21	7,34	0,73
	2019	7,71	8,40	8,61	8,10	0,43
	2020	4,39	4,68	4,50	4,64	0,42
В среднем		6,00	6,50	6,44	6,63	

питании растений нитроаммофоской в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$. Некорневая подкормка растений удобрением Вуксал Макромикс по листу дала прибавку урожая зерна гибрида Машук 220 МВ 8,9%, однако ее преимущество не существенно отличалось от внесения под предпосевную культивацию аммиачной селитры в дозе N_{30} , давшей прибавку 7,9%. Корневое питание растений гибрида Машук 355 МВ аммиачной селитрой в дозе N_{30} существенно повысило урожай зерна на 8,9%. От внесения удобрения Вуксал Макромикс по листу прибавка урожая зерна была несущественной (5,1%).

В 2020 г. эффективность от применения удобрений для корневого питания была ниже, чем от некорневой подкормки растений по листу. Наилучшее использование питательных веществ через листья при применении удобрения Вуксал Макромикс в фазе 7–8 листьев существенно повысило урожай зерна гибрида Машук 220 МВ (на 8,1%). Отмечено несущественное повышение урожая зерна этого гибрида (на 2%) при внесении под предпосевную культивацию аммиачной селитры N_{30} , а при внесении под культивацию $N_{30}P_{30}K_{30}$ наблюдали отрицательный эффект и снижение урожая зерна на 3,7%. На гибриде Машук 355

МВ не отмечено преимущества внесения удобрения Вуксал Макромикс по листу по сравнению с внесением под предпосевную культивацию аммиачной селитры в дозе N_{30} , получены несущественные прибавки урожая зерна (5,7 и 6,6% соответственно).

В среднем за 2018–2020 гг. некорневая подкормка удобрением Вуксал Макромикс в фазе 7–8 листьев обеспечила максимальные прибавки урожая зерна гибридов (на 11,0 и 10,5%). Внесение для корневого питания под предпосевную культивацию нитроаммофоски $N_{30}P_{30}K_{30}$ повысило урожай гибридов на 7,9 и 7,3%. Для гибрида кукурузы Машук 355 МВ корневое питание растений аммиачной селитрой в дозе N_{30} , внесенной под предпосевную культивацию, было более эффективным, чем для гибрида Машук 220 МВ, прибавки урожая составили соответственно 8,3 и 4,2%.

Полученные данные по окупаемости затрат на применение удобрений показали целесообразность применения как аммиачной селитры под культивацию, так и некорневой подкормки растений удобрением Вуксал Макромикс (см. табл. 2).

Затраты на внесение удобрений по листу,

Табл. 2. Окупаемость удобрений в среднем за 2018–2020 гг.

Table 2. Payback on fertilizers on average for 2018–2020

Показатель	Гибрид	Внесение удобрений под культивацию		Обработка Вуксалом Макромикс 2,5 л/га в фазе 7–8 листьев
		N_{30}	$N_{30}P_{30}K_{30}$	
Прибавка урожая, т/га	Машук 220 МВ	0,23	0,43	0,60
	Машук 355 МВ	0,50	0,44	0,63
Стоимость дополнительной продукции, р./га	Машук 220 МВ	2300	4300	6000
	Машук 355 МВ	5000	4400	6300
Затраты на внесение удобрений, р./га	Машук 220 МВ	1857	3008	3153
	Машук 355 МВ	1857	3008	3153
В том числе стоимость удобрений, р./га	Машук 220 МВ	1004	2150	2500
	Машук 355 МВ	1004	2150	2500
Дополнительный чистый доход, р./га	Машук 220 МВ	443	1292	2847
	Машук 355 МВ	3143	1392	3147
Получено дохода на 1 р. затрат, р.	Машук 220 МВ	0,24	0,43	0,90
	Машук 355 МВ	1,69	0,46	1,00

включая их стоимость, при некорневой подкормке удобрением Вуксал Макромикс оказались выше, чем при внесении минеральных удобрений под культивацию. Однако стоимость прибавки урожая зерна в варианте некорневой подкормки растений удобрением Вуксал Макромикс в фазе 7–8 листьев превысила стоимость внесенных удобрений на гибриде Машук 220 МВ в 1,9 раза, Машук 355 МВ 2,0 раза, при внесении под культивацию нитроаммофоски $N_{30}P_{30}K_{30}$ соответственно в 1,4 и 1,5 раза, аммиачной селитры N_{30} – в 1,2 и 2,7 раза.

Применение для некорневой подкормки растений гибридов Машук 220 МВ и Машук 355 МВ удобрения Вуксал Макромикс дало наибольший дополнительный чистый доход, который был обусловлен более высокими прибавками урожая зерна. Полученные в вариантах применения под культивацию нитроаммофоски $N_{30}P_{30}K_{30}$ и селитры N_{30} меньшие прибавки урожая зерна сопровождались снижением дохода.

На один рубль дополнительных затрат при некорневой подкормке растений гибрида Машук 220 МВ удобрением Вуксал Макромикс в фазе 7–8 листьев дополнительной продукции приходилось 0,90 р., при внесении под культивацию нитроаммофоски $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 0,43 р., аммиачной селитры N_{30} – 0,24 р., гибрида Машук 355 МВ соответственно 1,00; 0,46 и 1,69 р.

ВЫВОДЫ

1. Анализ данных о влиянии корневого и некорневого питания растений показал, что внесение удобрения Вуксал Макромикс в дозе 2,5 л/га по листу имеет преимущество по сравнению с внесением удобрений N_{30} и $N_{30}P_{30}K_{30}$ под предпосевную культивацию. Корневое питание растений аммиачной селитрой в дозе N_{30} , внесенной под предпосевную культивацию, повышает урожай зерна кукурузы гибрида Машук 220 МВ на 4,2%, Машук 355 МВ – на 8,3%, нитроаммофоской $N_{30}P_{30}K_{30}$ – на 7,9 и 7,3%. Некорневая подкормка растений удобрением Вуксал Макромикс в фазе 7–8 листьев в дозе 2,5 л/га дала прибавку урожая 11,0 и 10,5%.

2. С экономической точки зрения при

выращивании гибрида Машук 220 МВ окупаемость внесения удобрений прибавкой урожая зерна выше при некорневой подкормке растений удобрением Вуксал Макромикс 2,5 л/га в фазе 7–8 листьев, гибрида Машук 355 МВ – при корневом питании растений аммиачной селитрой в дозе N_{30} , внесенной под предпосевную культивацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андриенко С.С., Куперман Ф.М. Физиология кукурузы: монография. М: Издательство Московского университета, 1959. 288 с.
2. Агеев В.В., Чернов А.П., Куйдан А.П., Дёмкин В.И., Махуков, П.И., Подколзин А.И., Есaulко А.Н., Кузённая М.А., Литвиненко М.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур на юге России: монография. Ставрополь, ГСХА, 1999. 113 с.
3. Ермоленко В.П. Научные основы земледелия Дона: монография. М.: ИК «Родник», 1999. 176 с.
4. Крамарев С.М., Коваленко В.Е., Скрипник Л.Н. Прикорневая подкормка кукурузы в условиях северной части Степной зоны Украины // Агрохимия. 1999. № 11. С. 45–53.
5. Мамсилов Н.И., Тугуз Р.К., Тимов М.Р. Кукуруза в севооборотах короткой ротации и рациональное применение удобрений при ее монокультуре // Земледелие. 2014. № 1. С. 35–37.
6. Моисеев А.А., Власов П.Н., Ивойлов А.В. Реакция гибридов кукурузы на внесение удобрений и препарата Микроэл при возделывании кукурузы в условиях неустойчивого увлажнения // Агрохимия. 2017. № 6. С. 30–38.
7. Sharifi R.S., Taghizadeh R. Response of maize (*Zea mays* L.) cultivars to different levels of nitrogen fertilizer // Journal of Agricultural and Environment. 2009. Vol. 7. N 3–4. P. 518–521.
8. Стулин А.Ф. Влияние видов удобрений на урожайность кукурузы в условиях Воронежской области // Кукуруза и сорго. 2012. № 1. С. 19–24.
9. Шелганов И.И., Воронин А.Н. Особенности минерального питания кукурузы // Кукуруза и сорго. 2008. № 4. С. 10–11.
10. Никитишин В.И., Личко В.И. Минеральное питание кукурузы при взаимодействии азотного и фосфорного удобрения // Агрохимия. 2012. № 11. С. 9–15.
11. Васильченко С.А., Метлина Г.В. Влияние минеральных удобрений с микроэлементами на продуктивность гибридов кукурузы раз-

личных групп спелости // *Зерновое хозяйство России*. 2015. № 4 (40). С. 54–58.

12. Адаев Н.Л., Хамзатова М.Х., Амаева А.Г., Муев А.А., Адаев А.Н. Интенсификация системы удобрения кукурузы в условиях орошения в Чеченской Республике // *Кукуруза и сорго*. 2019. № 2. С. 14–21.
13. Шмалько И.А., Багринцева В.Н. Эффективные удобрения и регуляторы роста для кукурузы // *Кукуруза и сорго*. 2016. № 2. С. 17–20.

REFERENCES

1. Andrienko S.S., Kuperman F.M. *Corn Physiology*. Moscow, Moscow University Press, 1959, 288 p. (In Russian).
2. Ageev V.V., Chernov A.P., Kuydan A.P., Demkin V.I., Makhukov P.I., Podkolzin A.I., Esaulko A.N., Kuzennaya M.A., Litvinenko M.V. *Peculiarities of nutrition and fertilizer of agricultural crops in the South of Russia*. Stavropol, GSHA, 1999, 113 p. (In Russian).
3. Ermolenko V.P. *Scientific foundations of Don agriculture*. Moscow, IK "Rodnik", 1999. 176 p. (In Russian).
4. Kramarev S.M., Kovalenko V.E., Skripnik L.N. Preplanting fertilization of corn in the northern steppe zone of Ukraine. *Agrokhimiya = Agrochemistry*, 1999, no. 11, pp. 45–53. (In Russian).
5. Mamsirov N.I., Tuguz R.K., Timov M.R. Corn in crop rotations with short rotation and rational use of fertilizers in its monoculture. *Zemledelie = Zemledelie*, 2014, no. 1, pp. 35–37. (In Russian).
6. Moiseev A.A., Vlasov P.N., Ivoilov A.V. The effect of fertilizer application and preparation Microel for grain corn hybrids in the conditions of

unstable moistening. *Agrokhimiya = Agrochemistry*, 2017, no. 6, pp. 30–38. (In Russian).

7. Sharifi, R.S., Taghizadeh, R. Response of maize (*Zea mays* L.) cultivars to different levels of nitrogen fertilizer. *Journal of Agricultural and Environment*, 2009, vol. 7, no. 3–4, pp. 518–521.
8. Stulin, A.F. Effect of fertilizer on maize yields in the Voronezh region. *Kukuruza i sorgo = Corn and sorghum*, 2012, no. 1, pp. 19–24. (In Russian).
9. Shelganov I.I., Voronin A.N. Features of the mineral corn nutrition. *Kukuruza i sorgo = Corn and sorghum*, 2008, no. 4, pp. 10–11. (In Russian).
10. Nikitishen V.I., Lichko V.I. Mineral nutrition of corn plants on nitrogen- phosphorus fertilizers interaction. *Agrokhimiya = Agrochemistry*, 2012, no. 11, pp. 9–15. (In Russian).
11. Vasilchenko S.A., Metlina G.V. Effect of fertilizers with micro elements on productivity of maize hybrids of different groups of ripeness. *Zernovoe khozyaistvo Rossii = Grain economy of Russia*, 2015, no. 4 (40), pp. 54–58. (In Russian).
12. Adaev N.L., Khamzatova M.Kh., Amaeva A.G., Muuev A.A., Adaev A.N. Intensification of corn fertilizer system in the conditions of irrigation in the Chechen Republic. *Kukuruza i sorgo = Corn and sorghum*, 2019, no. 2, pp. 14–21. (In Russian).
13. Shmalko I.A., Bagrintseva V.N. Effective fertilizers and growth regulators for corn. *Kukuruza i sorgo = Corn and sorghum*, 2016, no. 2, pp. 17–20. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шмалько И.А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

✉ **Багринцева В.Н.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 357528, Ставропольский край, г. Пятигорск, ул. Ермолова, 14Б, e-mail: maize-techno@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Irina A. Shmalko, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

✉ **Valentina N. Bagrintseva**, Doctor of Science in Agriculture, Professor, Head Researcher; **address:** 14-B, Ermolova St., Pyatigorsk, Stavropol Territory, 357528, Russia; e-mail: maize-techno@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 13.04.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 11.05.2022
Дата публикации / Published 25.07.2022



ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ

✉Дорохов Б.А., Браилова И.С., Беляева Е.П.

Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева

Воронежская обл., Таловский район, Россия

✉e-mail: niishlc@mail.ru

Представлены результаты многолетних исследований (2017–2021) озимой пшеницы на юго-востоке Центрального Черноземья. Цель работы – изучение особенностей формирования урожайности и качества зерна культуры в местных природно-климатических условиях. Материал исследований – сорта Базальт, Крастал, Черноземка 130, Черноземка 115 и Базальт 2. Определены урожайность вместе с параметрами адаптивности, экологической пластичности и стабильности, а также содержание белка и клейковины в зерне. По каждому сорту установлена корреляционная зависимость урожайности, содержания белка и клейковины в зерне с температурой воздуха и количеством осадков, которые сложились в период весенне-летней вегетации. Показана возможность получения в регионе высоких урожаев культуры с содержанием белка и клейковины в зерне не ниже 3-го класса, а также варьирования изучаемых показателей по годам. Фактором среды, лимитирующим урожайность и качество зерна в регионе, в весенне-летний и осенний периоды вегетации является засуха. Установлены ключевые декады месяцев весенне-летней вегетации (апрель – июль), гидротермические условия которых оказывают существенное влияние на формирование урожайности, количество белка и клейковины в зерне. Среди них: II декада апреля, II декада мая, II и III декады июня и I декада июля. Температура воздуха и выпадающие осадки в эти декады имеют сильную корреляционную зависимость разной направленности с урожайностью и качеством зерна. При этом количественные выражения коэффициентов корреляции по сортам отличаются, но их значения близки и находятся в пределах одной группы зависимости.

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, белок, клейковина, температура воздуха, осадки, корреляция

SPECIFICS OF YIELD FORMATION AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

✉Dorokhov B.A., Brailova I.S., Belyaeva E.P.

Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev

Talovsky District, Voronezh Region, Russia

✉e-mail: niishlc@mail.ru

The results of multiannual studies (2017–2021) of winter wheat in the southeast of the Central Chernozem region are presented. The purpose of the work is to study the peculiarities of yield formation and grain quality of the crop in the local natural and climatic conditions. The research material included the varieties Bazalt, Krastal, Chernozemka 130, Chernozemka 115, and Bazalt 2. Yield along with parameters of adaptability, ecological plasticity and stability, as well as protein and gluten content in grain were determined. The correlation dependence of yield, protein and gluten content in grain with air temperature and precipitation during the spring-summer vegetation period

was established for each variety. The possibility of obtaining high crop yields in the region with protein and gluten content in the grain not lower than the 3rd class, as well as the variation of the studied indicators by year was shown. The environmental factor limiting the yield and quality of grain in the region, in the spring-summer and autumn periods of the growing season is drought. The key ten-days of the months of spring-summer vegetation (April-July), the hydrothermal conditions of which have a significant impact on the formation of yield, the amount of protein and gluten in the grain, were determined. These include the second ten-day period of April, the second ten-day period of May, the second and third ten-day periods of June, and the first ten-day period of July. Air temperature and precipitation during these ten-day periods have a strong correlation of different directions with grain yield and quality. The quantitative expressions of the correlation coefficients differ by varieties, but their values are close and are within the same dependence group.

Keywords: winter wheat, yield, protein, gluten, air temperature, precipitation, correlation

Для цитирования: Дорохов Б.А., Браилова И.С., Беляева Е.П. Особенности формирования урожая и качества зерна озимой пшеницы в Центральном Черноземье // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 24–34. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-3>. EDN JHNUYW.

For citation: Dorokhov B.A., Brailova I.S., Belyaeva E.P. Specifics of yield formation and grain quality of winter wheat in the Central Chernozem Region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 24–34. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-3>. EDN JHNUYW.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Озимая пшеница становится ведущей зерновой продовольственной культурой Центрального Черноземья с середины XX в., заменяя в посевах яровую пшеницу и озимую рожь. Ее широкому распространению способствовало создание сортов, пригодных для возделывания в регионе [1]. Однако, как показала практика выращивания озимой пшеницы, посевные площади и сбор зерна в регионе значительно варьируют по годам [2]. Нестабильно также качество производимой продукции, так как большая часть заготавливаемого продовольственного зерна относится к 4-му и 5-му классам [3].

Основными причинами нестабильности являются неблагоприятные климатические факторы региона (засуха, зимний стресс и др.), а также агротехнические нарушения при возделывании культуры. При этом различные технологии выращивания, несмотря на их значительное влияние, лишь способствуют в большей или меньшей степени реализации генетического потенциала продуктивности сорта. Из этого следует, что основной противодействия негативным факторам погоды должна стать непрерывно ведущаяся селекционная работа, так как генотип ново-

го сорта – главный фактор формирования урожайности в конкретных эколого-географических условиях. Противодействовать климатическим лимитам среды, особенно их частым сменам, можно с помощью сортов с различными хозяйственно-биологическими особенностями и свойствами (разные уровни продуктивности, устойчивости к абиотическим и биотическим стрессам, содержания белка и клейковины, устойчивости к полеганию, продолжительности вегетационного периода и др.) [4–6]. Различия же в геномном составе позволяют дифференцировать возделываемые сорта по их адаптивности, а это важный аспект повышения урожайности, так как имеются данные о том, что путем высева в каждом хозяйстве 3–4 контрастных по адаптивности сортов можно повысить валовой сбор зерна на 30–40% [7].

Высокий генетический потенциал современных сортов часто остается нереализованным. Поэтому особую актуальность приобретает задача создания сортов с более высокой экологической пластичностью и широкой нормой реакции на изменяющиеся условия внешней среды, которые повышают возможность получения стабильных

урожаев с хорошими технологическими качествами [8]. Сортовая политика, основанная на принципе мозаичного размещения сортов, позволяет в максимальной степени обеспечивать положительный эффект от генотип-средового взаимодействия и лучше использовать генетическое разнообразие сортов, повышая стабильность урожаев, качество зерна и адаптивность культуры в целом [9, 10].

Цель исследований – изучить особенности формирования урожайности и качества зерна в условиях юго-востока Центрального Черноземья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2017–2021 гг. Исходным материалом для проведения исследований послужили пять сортов озимой мягкой пшеницы, созданных в Воронежском федеральном аграрном научном центре им. В.В. Докучаева. Среди них Базальт (в Государственном реестре селекционных достижений с 1993 г.), Крастал (2009 г.), Черноземка 115 (2011 г.), Черноземка 130 (2018 г.) и Базальт 2 (2019 г.).

Полевые опыты закладывали в специализированном севообороте. Предшественник – черный пар, технология возделывания – принятая в зоне¹. Учетная площадь делянок 20–25 м², норма высева – 5 млн всхожих зерен/га, повторность 4–6-кратная. Уборку проводили комбайном Сампо-130.

Почва опытных участков – чернозем обыкновенный среднегумусный средне-мощный тяжелосуглинистый.

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли с использованием программ Microsoft Office Excel и Statistica. Экологическую пластичность и стабильность оценивали по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell в методической версии В.З. Пакудина и Л.М. Лопатиной [11], где пластичность сортов оценивается по коэффициенту регрессии (bi), характеризующему среднюю реакцию сорта на из-

менение условий среды, а стабильность – по вариансе признака (Si^2). Параметры гомеостатичности показателей качества сортов оценивали по В.В. Хангильдину [12]. Клейковину в зерне определяли по ГОСТ Р 54478–2011, белок – по методу Къельдаля (ЦИНАО).

Гидротермические условия весенне-летней вегетации (апрель – июль) за годы проведения исследований были разнообразны. Средние температуры воздуха большинства месяцев были выше многолетних значений. Исключение составили май и июнь 2017 г., апрель и май 2020 г., когда среднемесячные температуры были несколько ниже нормы. Осадки выпадали неравномерно и сильно варьировали как по годам, так и по месяцам вегетации (от 6% в сравнении с многолетней в июне 2018 г. до 289% в апреле 2020 г.). Очень неблагоприятно сложились метеосостояния вегетационного периода 2020, 2021 гг. Сев (I декада сентября) и осенняя вегетация растений проходили в условиях сильной почвенной и воздушной засух. Практически значимые осадки (> 5 мм) отсутствовали более 2 мес (со II декады августа по II декаду октября включительно). В целом за осеннюю вегетацию (сентябрь – ноябрь) количество выпавших осадков составило лишь 33% от нормы. В результате всходы были неполными (в среднем до 30–40% от числа высеянных зерен, их период растянулся на 2 нед и более), а их рост и развитие – слабыми из-за полного отсутствия влаги в корнеобитаемом слое и невысокой относительной влажности воздуха. Полные всходы не получили ни к началу прекращения осенней вегетации (10 ноября), ни к началу возобновления вегетации (12 апреля). В результате к началу уборки у сортов был получен очень редкий стеблестой, что стало причиной низкой урожайности в 2021 г.

Исходя из суммы осадков за апрель – июнь (период роста и развития растений от весеннего кущения до созревания), можно сделать вывод, что условия 2018 и 2019 гг. были за-

¹Турусов В.И., Гармашов В.М., Новичихин А.М., Дорохов Б.А., Нужная Н.А., Бочарникова Е.Г., Абанина О.А., Харьковский А.А., Горбачева А.В. Рекомендации по выращиванию озимой пшеницы в хозяйствах Воронежской области. – Каменная Степь, 2019. 37 с.

сушливыми для озимой пшеницы (60 и 69% от нормы соответственно). Засушливым стал и вегетационный период 2020, 2021 гг., но только засуха, существенно повлиявшая на урожайность, отмечалась в осенний период вегетации. К нормальным и благоприятным годам можно отнести условия 2017 и 2020 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из рассчитанных индексов условий среды, благоприятными для получения урожайности стали 2017, 2018 и 2020 гг. с положительными значениями индексов $I_j = 2,39; 0,13$ и $0,68$ соответственно, а неблагоприятными – 2019 и 2021 гг. с отрицательными индексами $I_j = -0,94$ и $-2,25$ (см. табл. 1).

Варьирование урожайности было значительным и составило по годам от 6,85 т/га в благоприятном 2017 г. до 2,21 т/га в неблагоприятном 2021 г. Соответствующие коэффициенты вариации приведены в табл. 2. Основной причиной, отрицательно повлиявшей на формирование урожайности, стали засушливые условия. В настоящем опыте три года из пяти были с засухой, причем проявление ее отмечено в разные периоды вегетации.

Для определения сорта, показавшего лучшую приспособленность при возделывании в сложившихся за годы исследований местных условиях, мы провели анализ получен-

ной урожайности по параметрам экологической пластичности, стабильности и гомеостатичности.

О пластичности изучаемых сортов можно судить по величине коэффициента регрессии (b_j), который в нашем опыте оказался близок к единице (0,91–1,05). Из этого следует вывод о высокой экологической пластичности изучаемых сортов в местных условиях. При этом изменения урожайности у них по годам соответствуют изменению условий среды.

Среднее квадратичное отклонение от линии регрессии (S^2d_j) свидетельствует о стабильности сортов. Чем меньше это отклонение ($\rightarrow 0$), тем стабильнее сорт. В нашем опыте меньшими значениями показателя (высокой стабильностью) характеризовались Базальт, Черноземка 115 и Черноземка 130.

Понятия пластичности и стабильности связаны с гомеостазом (Hom), который характеризует способность генотипа сводить к минимуму последствия неблагоприятных воздействий внешней среды. Критерием гомеостатичности является низкая вариабельность признаков (V). Связь между этими показателями характеризует устойчивость признака (урожайности) к изменяющимся условиям среды. Лучшими по этим показателям стали сорта Крастал ($Hom = 3,3$; $V = 35,0\%$) и Черноземка 130 ($Hom = 2,5$; $V = 37,9\%$).

По полученным результатам выделился сорт Черноземка 130, геном которого наибо-

Табл. 1. Урожайность и индекс условий среды
Table 1. Yield and environmental conditions index

Сорт	Урожайность, т/га					$\bar{X}$
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	
Базальт	6,04	4,04	2,65	4,85	1,74	3,86
Крастал	6,72	4,18	3,37	5,97	2,83	4,61
Черноземка 115	6,83	4,32	3,74	5,15	1,91	4,39
Черноземка 130	7,23	5,11	3,90	5,06	2,31	4,72
Базальт 2	7,41	5,30	3,93	4,65	2,25	4,71
$\bar{X}^*$	6,85	4,59	3,52	5,14	2,21	4,46
I_j^{**}	2,39	0,13	-0,94	0,68	-2,25	

Здесь и в табл. 4.

* Средняя урожайность за год.

** Индекс условий среды.

Табл. 2. Урожайность и параметры пластичности, стабильности и гомеостатичности

Table 2. Yield and parameters of plasticity, stability and homeostaticity

Сорт	Урожайность, т/га		V, %	Hom	b _j	S ² d _j
	max	min				
Базальт	6,04	1,74	44,0	2,0	0,97	0,07
Крастал	6,72	2,83	35,0	3,3	0,91	0,36
Черноземка 115	6,83	1,91	41,4	2,2	1,03	0,06
Черноземка 130	7,23	2,31	37,9	2,5	1,03	0,08
Базальт 2	7,41	2,25	39,2	2,3	1,05	0,30

Примечание. V – коэффициент вариации; Hom – гомеостатичность; b_j – экологическая пластичность; S²d_j – экологическая стабильность.

лее эффективно использовал местные климатические условия для реализации потенциала продуктивности.

С целью определения степени и характера влияния метеоусловий на урожайность проведен корреляционный анализ связи урожайности со среднемесячными и декадными темпе-

ратурами и осадками за время весенне-летней вегетации (см. табл. 3). В этот период растения проходят фазы развития от весеннего кушения до полной спелости. При оценке степени связи между показателями использовали следующую градацию: $r < 0,3$ – зависимость слабая, $r = 0,3–0,7$ – средняя, $r > 0,7$ – сильная².

Табл. 3. Коэффициенты корреляции урожайности с температурой и осадками

Table 3. Coefficients of correlation of yield with temperature and precipitation

Сорт	Апрель		Май		Июнь		Июль	
	°C	мм	°C	мм	°C	мм	°C	мм
<i>Среднемесячная</i>								
Базальт	–0,79	0,46	–0,71	0,19	–0,76	–0,22	–0,21	–0,26
Крастал	–0,84	0,37	–0,85	0,37	–0,66	–0,01	–0,15	–0,47
Черноземка 115	–0,66	0,30	–0,69	0,26	–0,72	–0,24	–0,41	–0,21
Черноземка 130	–0,61	0,35	–0,59	0,14	–0,81	–0,34	–0,38	–0,10
Базальт 2	–0,53	0,32	–0,51	0,09	–0,85	–0,39	–0,40	–0,02
<i>I декада</i>								
Базальт	0,18	–0,24	0,30	–0,51	–0,26	0,46	–0,01	–0,68
Крастал	0,28	–0,45	0,10	–0,44	–0,18	0,61	0,08	–0,52
Черноземка 115	0,21	–0,21	0,26	–0,35	–0,11	0,40	–0,18	–0,59
Черноземка 130	0,26	–0,09	0,36	–0,40	–0,25	0,34	–0,24	–0,71
Базальт 2	0,27	–0,02	0,40	–0,37	–0,29	0,29	–0,34	–0,75
<i>II декада</i>								
Базальт	–0,92	0,86	–0,92	0,81	–0,46	–0,71	–	–
Крастал	–0,94	0,93	–0,97	0,80	–0,35	–0,66	–	–
Черноземка 115	–0,91	0,76	–0,92	0,85	–0,48	–0,55	–	–
Черноземка 130	–0,84	0,73	–0,86	0,78	–0,60	–0,61	–	–
Базальт 2	–0,76	0,66	–0,80	0,72	–0,68	–0,59	–	–
<i>III декада</i>								
Базальт	–0,12	0,12	–0,81	–0,44	–0,82	–0,50	–	–
Крастал	–0,24	0,13	–0,87	–0,29	–0,83	–0,31	–	–
Черноземка 115	0,06	–0,07	–0,70	–0,52	–0,89	–0,58	–	–
Черноземка 130	0,07	–0,07	–0,64	–0,54	–0,82	–0,65	–	–
Базальт 2	0,12	–0,14	–0,54	–0,54	–0,76	–0,69	–	–

²Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

Со среднемесячными температурами апреля, мая и июня урожайность имеет от средней до сильной (в зависимости от сорта) обратную (отрицательную) связь ($r = -0,53 \dots -0,84$; $r = -0,51 \dots -0,85$ и $r = -0,66 \dots -0,85$ соответственно). Также отрицательная, но менее слабая зависимость ($r = -0,15 \dots -0,41$), отмечается с температурами июля. Из этого следует, что повышенные в сравнении с многолетними значениями температуры в эти месяцы отрицательно сказываются на формировании урожайности.

Зависимость урожайности с количеством месячных осадков разнонаправленная. С осадками апреля и мая она прямая (положительная), а июня и июля – обратная. При этом с осадками апреля зависимость средней силы ($r = 0,30 \dots 0,46$), а с осадками мая, июня и июля – от слабой до сильной с соответствующими для коэффициентов корреляции (КК) знаками.

Однако месячные показатели температуры и осадков не раскрывают полноты их влияния на урожайность. Во-первых, температурные условия, складывающиеся в период вегетации, далеко не всегда плавно переходят от одного режима к другому, а выпадающие осадки не распределяются равномерно в течение календарного месяца. Во-вторых, в течение одного месяца растение может проходить несколько фаз развития. И в зависимости от длительности прохождения той или иной фазы влияние метеофакторов на рост и развитие растений, формирование элементов продуктивности, устойчивости к полеганию и другие, может быть сильным или слабым.

Анализ показал, что в апреле ключевой является II декада (с 10 по 20 число). В это время в регионе чаще всего происходит возобновление вегетации озимой пшеницы, и резкое нарастание тепла в этой декаде сильно отрицательно сказывается на будущей урожайности ($r = -0,76 \dots -0,94$). Обилие же осадков в этой декаде, наоборот, способствует росту урожайности ($r = 0,66 \dots 0,93$). Влияние на урожайность температур и осадков I декады слабое, а III декады – слабое и разнонаправленное в зависимости от сорта.

Неоднозначно воздействуют на вегетирующие растения и условия мая. Более высокие в сравнении с многолетней температуры I декады имеют слабую положительную связь с урожайностью ($r = 0,10 \dots 0,40$), а во II и III декадах – сильную отрицательную ($r = -0,80 \dots -0,97$ и $r = -0,54 \dots -0,87$ соответственно). Во II и III декадах мая растения озимой пшеницы проходят фазы трубкования, колошения и начала цветения. Вероятно, повышенные температуры в это время отрицательно действуют на закладку элементов продуктивности (количество колосков в колосе, крупность зерна и др.), а угнетенный из-за жары рост ведет к недостаточному накоплению органической биомассы. Различное действие на урожай оказывают в это время и осадки. Отрицательная связь средней силы отмечена с осадками I и III декад мая ($r = -0,35 \dots -0,51$ и $r = -0,29 \dots -0,54$ соответственно), а положительная, причем сильная ($r = 0,75 \dots 0,86$) – с осадками II декады. Положительное воздействие осадков во II декаде, возможно, связано с улучшением условий формирования элементов продуктивности в период трубкования, а отрицательное – с нарастанием из-за обильных осадков вегетативной биомассы, в результате чего может начаться раннее (до начала колошения) полегание с негативными последствиями для урожая.

Отрицательно действуют на формирование урожайности повышенные температуры всех трех декад июня, причем от I декады к III по нарастающей – $r = -0,11 \dots -0,29$, $r = -0,35 \dots -0,68$ и $r = -0,76 \dots -0,89$ соответственно. В этом месяце растения озимой пшеницы в регионе, как правило, последовательно проходят фазы цветения, формирования и налива зерна. Считается, что засуха в эти фазы ведет к значительному снижению продуктивности растений [13]. К III декаде июня растения достигают молочной спелости, поэтому повышенные температуры в этой декаде и имеют сильную отрицательную корреляционную связь с урожайностью из-за возможного формирования мелкого и щуплого зерна. Как и майские, декадные июньские осадки влияют на урожай раз-

нонаправленно – положительно в I декаде ($r = 0,29 \dots 0,61$) и отрицательно во II и III декадах ($r = -0,55 \dots -0,71$ и $r = -0,31 \dots -0,69$ соответственно). Отрицательную связь повышения количества осадков с урожайностью во II и III декадах июня также можно объяснить полеганием растений в эти декады.

В I декаде июля растения проходят фазы молочно-восковой и восковой спелости. Повышенные температуры в это время действуют уже на сформировавшееся зерно, поэтому они мало влияют на урожай (слабая корреляция). Большое количество осадков может существенно и отрицательно повлиять на урожайность ($r = -0,52 \dots -0,75$). Полное созревание и уборка наступают, как правило, во II – начале III декады июля.

От условий выращивания зависит не только урожай озимой пшеницы, но и его качество [14]. Питательную ценность заготавливаемого зерна пшеницы определяет его белковость. В связи с этим проведен соответствующий анализ по определению содержания белка и клейковины в зерне (см. табл. 4).

Лучшими для формирования белка и клейковины в зерне стали условия 2021 г.,

когда показатели составили 16,2 и 43,9% соответственно. В 2018 г. содержание белка и клейковины оказалось минимальным – 11,8 и 26,9%. По сравнению с 2021 г., условия других лет являются неблагоприятными, что и просматривается в соответствующих индексах условий среды. Но следует отметить, что в 2017, 2019 и 2020 гг. средние значения показателей содержания клейковины в зерне у сортов в эти годы превысили 28%, а это соответствует требованиям не ниже 2-го класса при заготовках зерна. В целом почвенно-климатические условия в исследуемые годы позволяли получать зерно 3-го класса.

На наш взгляд, на формирование высокой белковости у сортов в 2021 г. повлияли не только погодные условия, но и невысокая урожайность этого года. О связи урожайности с содержанием белка и клейковины в зерне в нашем опыте можно судить по соответствующим КК. Они свидетельствуют об отрицательной зависимости между показателями и составили по изучаемым сортам $r = -0,59 \dots -0,88$ с белком и $r = -0,56 \dots -0,83$ с клейковиной.

Коэффициенты корреляции связи количества белка и клейковины в зерне с ги-

Табл. 4. Содержание белка и клейковины в зерне

Table 4. Protein and gluten content in grain

Сорт	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	$\bar{X}$
<i>Содержание белка, %</i>						
Базальт	12,8	10,5	14,0	14,0	16,8	13,6
Крастал	12,5	12,0	15,1	14,0	16,5	14,0
Черноземка 115	11,8	12,3	13,2	13,1	16,2	13,3
Черноземка 130	11,8	12,1	12,9	13,2	15,1	13,0
Базальт 2	12,1	12,3	12,6	13,7	16,2	13,4
$\bar{X}^*$	12,2	11,8	13,6	13,6	16,2	13,5
Ij^{**}	-1,27	-1,63	0,09	0,13	2,69	
<i>Содержание клейковины, %</i>						
Базальт	30,6	22,2	31,7	32,7	45,0	32,4
Крастал	26,8	25,9	30,3	28,2	41,8	30,6
Черноземка 115	26,5	27,6	28,3	25,8	40,6	29,8
Черноземка 130	26,6	27,7	31,2	25,2	45,8	31,3
Базальт 2	30,2	30,9	28,8	29,2	46,2	33,1
$\bar{X}^*$	28,1	26,9	30,1	28,2	43,9	31,4
Ij^{**}	-3,29	-4,57	-1,37	-3,21	12,45	

Табл. 5. Коэффициенты корреляции белка и клейковины с температурой и осадками
Table 5. Correlation coefficients of protein and gluten with temperature and precipitation

Сорт	Апрель				Май				Июнь				Июль			
	Температура, °С		Осадки, мм		Температура, °С		Осадки, мм		Температура, °С		Осадки, мм		Температура, °С		Осадки, мм	
	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина	Белок	Клейковина
<i>Среднемесячная</i>																
Базальт	0,31	0,29	-0,65	-0,60	-0,14	-0,14	0,61	0,58	0,57	0,44	0,91	0,93	0,32	0,42	-0,61	-0,63
Крастал	0,53	0,51	-0,67	-0,52	0,23	0,16	0,39	0,25	0,78	0,49	0,71	0,72	0,21	0,52	-0,32	-0,32
Черноземка 115	0,28	0,54	-0,24	-0,41	0,36	0,20	0,12	0,07	0,46	0,35	0,69	0,59	0,74	0,59	-0,35	-0,13
Черноземка 130	0,34	0,63	-0,36	-0,50	0,40	0,19	0,20	0,10	0,66	0,41	0,71	0,58	0,59	0,49	-0,36	-0,13
Базальт 2	0,21	0,39	-0,25	-0,28	0,26	0,10	0,20	0,08	0,50	0,22	0,75	0,60	0,73	0,72	-0,45	-0,27
<i>I декада</i>																
Базальт	0,39	0,39	-0,64	0,65	-0,92	-0,92	0,63	0,58	0,25	0,08	0,40	0,47	0,15	0,14	0,83	0,72
Крастал	0,21	0,15	-0,36	-0,32	-0,78	-0,78	0,69	0,53	0,42	-0,04	0,06	0,18	0,11	0,09	0,92	0,65
Черноземка 115	-0,08	0,06	-0,31	-0,16	-0,57	-0,57	0,25	0,43	-0,18	-0,24	0,21	0,11	0,37	0,03	0,52	0,46
Черноземка 130	-0,04	0,11	-0,34	-0,13	-0,65	-0,65	0,38	0,53	0,09	0,14	0,14	0,05	0,37	-0,04	0,71	0,54
Базальт 2	-0,05	0,03	-0,41	-0,23	-0,63	-0,63	0,25	0,29	-0,10	-0,39	0,27	0,24	0,43	0,12	0,57	0,34
<i>II декада</i>																
Базальт	0,45	0,48	-0,22	-0,16	0,24	0,24	-0,57	-0,64	0,41	0,29	0,49	0,38	0,47	0,59	-0,72	-0,73
Крастал	0,67	0,77	-0,52	-0,42	0,51	0,51	-0,64	-0,88	0,56	0,26	0,71	0,42	0,40	0,76	-0,86	-0,92
Черноземка 115	0,68	0,85	-0,26	-0,24	0,53	0,53	-0,84	-0,96	0,34	0,10	0,19	0,30	0,85	0,87	-0,86	-0,92
Черноземка 130	0,66	0,88	-0,37	-0,53	0,55	0,55	-0,76	-0,96	0,53	0,12	0,39	0,41	0,69	0,80	-0,89	-0,95
Базальт 2	0,60	0,76	-0,20	-0,27	0,46	0,46	-0,77	-0,93	0,42	0,03	0,20	0,11	0,79	0,94	-0,82	-0,84
<i>III декада</i>																
Базальт	-0,42	-0,53	-0,13	-0,14	0,30	0,30	0,85	0,93	0,47	0,54	0,92	0,95	-	-	-	-
Крастал	-0,16	-0,42	-0,20	-0,09	0,52	0,52	0,70	0,90	0,57	0,81	0,81	0,88	-	-	-	-
Черноземка 115	-0,62	-0,43	0,22	-0,06	0,34	0,34	0,90	0,87	0,83	0,91	0,92	0,79	-	-	-	-
Черноземка 130	-0,48	-0,33	0,15	-0,15	0,37	0,37	0,84	0,84	0,75	0,90	0,93	0,76	-	-	-	-
Базальт 2	-0,64	-0,59	0,24	0,06	0,25	0,25	0,91	0,92	0,75	0,89	0,96	0,82	-	-	-	-

дротермическими условиями представлены в табл. 5. Для удобства анализа данных таблицы, полученные КК за каждый месяц или декаду сведены нами в общую группу и представлены в виде крайних значений (min–max) суммарно по всем сортам с их значениями по белку и клейковине.

Положительная связь для этих показателей отмечается с повышением месячных температур в апреле ($r = 0,21 \dots 0,63$) и отрицательная – с осадками ($r = -0,24 \dots -0,67$). Зависимость от метеоусловий мая слабая, а июня и июля – более сильная. При этом с июньскими ($r = 0,22 \dots 0,78$) и июльскими ($r = 0,21 \dots 0,74$) температурами она положительна и способствует росту белковости. А выпадающие в это время осадки воздействуют неоднозначно: июньские – положительно ($r = 0,58 \dots 0,93$), а июльские – отрицательно ($r = -0,13 \dots -0,72$).

Корреляционная зависимость формирования белкового комплекса с декадными показателями температуры и осадков детализирует эту зависимость.

Отмечена прямая зависимость повышения белковости зерна с повышением температур во время возобновления весенней вегетации (II декада апреля, $r = 0,45 \dots 0,88$), а также в периоды трубкования и колошения (II и III декады мая, $r = 0,23 \dots 0,66$ и $r = 0,25 \dots 0,68$ соответственно), налива зерна (III декада июня, $r = 0,47 \dots 0,90$) и полной спелости (II декада июля, $r = 0,40 \dots 0,94$). Снижение количества белка в зерне происходит с повышением температуры в III декаде апреля ($r = -0,16 \dots -0,64$) и I декаде мая ($r = -0,51 \dots -0,92$) в период весеннего кущения – начала выхода в трубку.

Более высокое содержание белка и клейковины формируется на фоне большего количества осадков в период начала трубкования (I декада мая, $r = 0,25 \dots 0,69$), колошения (III декада мая, $r = 0,70 \dots 0,93$), налива зерна (III декада июня, $r = 0,76 \dots 0,96$) и молочно-восковой спелости (I декада июля, $r = 0,34 \dots 0,92$). Снижение белка и клейковины в зерне отмечается с повышением количества осадков во время возобновления весенней вегетации (II декада апреля,

$r = -0,16 \dots -0,53$), в период трубкования (II декада мая, $r = -0,57 \dots -0,96$) и в период полной спелости и уборки (II декада июля, $r = -0,72 \dots -0,95$).

Влияние остальных декадных температур и осадков на формирование высокого содержания белка и клейковины в зерне невелико.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лимитирующим фактором среды для возделывания озимой пшеницы в Центральном Черноземье является засуха, проявление которой в нашем опыте отмечено в течение трех лет из пяти. При этом засушливые условия могут складываться и в осенний, и в весенне-летний периоды вегетации. Геном сорта Черноземка 130 наиболее эффективно использовал сложившиеся погодные условия для реализации потенциала продуктивности.

Ключевыми для формирования урожайности в местных условиях являются температурные условия II декады апреля (возобновление весенней вегетации), II и III декады мая (фазы трубкования и колошения), а также III декады июня (налив зерна). Более высокие в сравнении с многолетней температуры в эти декады ведут к снижению урожайности.

К росту урожайности ведет большее в сравнении с многолетней количество осадков во II декаде апреля, II декаде мая и I декаде июня (формирование зерновки), а к снижению – обилие осадков в I и III декадах мая, II и III декадах июня и I декаде июля (молочно-восковая и восковая спелость).

Повышению содержания белка и клейковины в зерне способствуют более высокие в сравнении с многолетней температуры II декады апреля, II и III декад мая, III декады июня и II декады июля (полная спелость). При этом с повышенными температурами III декады апреля и I декады мая отмечается отрицательная зависимость. Рост содержания белка и клейковины в зерне отмечается с увеличением количества осадков в I и III декадах мая, III декаде июня и I декаде июля, а снижение – с увеличением количества осадков во II декаде мая и II декаде июля.

Количественные значения коэффициентов корреляции у сортов в пределах одного месяца или декады имеют различия по величине, но, как правило, они невелики и находятся в пределах одной группы зависимости – сильной, средней или слабой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорохов Б.А. Селекция озимой пшеницы в Центральном-Черноземном и соседних регионах (направления, методы и результаты): монография. Каменная Степь, Воронеж: Кварта, 2013. 100 с.
2. Федотов В.А. Озимая мягкая пшеница в Центральном Черноземье России: монография. Воронеж, 2016. 415 с.
3. Алтухов А.И. Стратегия развития зернопродуктового подкомплекса – основа разработки схемы размещения и специализации зернового производства в стране // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 146–152.
4. Асеева Т.А., Карачева Г.С., Ломакина И.В., Рубан З.С. Формирование урожайности и качества зерна яровой и озимой пшеницы в условиях Среднего Приамурья // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 1. С. 3–6.
5. Сандухадзе Б.И. Развитие и результаты селекции озимой пшеницы в центре Нечерноземья // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 2. С. 15–18.
6. Фоменко М.А., Грабовец А.И. Селекция озимой мягкой пшеницы на качество зерна в степной зоне // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 9. С. 78–81.
7. Драгавцев В.А., Цильке Р.А., Рейтер Б.Г., Воробьев В.А., Дубровская А.Г., Коробейников Н.И., Новохатин В.В., Максименко В.П., Бабакишиев А.Г., Илющенко В.Г., Калашиник Н.А., Зуйков Ю.П., Федотов А.М. Генетика признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири: монография. Новосибирск: Наука, 1984. 230 с.
8. Рыбась И.А. Оценка параметров экологической пластичности и стабильности сортов озимой мягкой пшеницы // Аграрный вестник Урала. Агрономия. 2014. № 6 (124). С. 26–29.
9. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика: монография. М.: 2008. Т. 1. 282 с.

10. Романенко А.А., Беспалова Л.А., Кудряшов И.Н., Аблова И.Б. Новая сортовая политика и сортовая агротехника озимой пшеницы: монография. Краснодар, 2005. 231 с.
11. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 103–113.
12. Хангильдин В.В. Параметры оценки гомеостатичности сортов селекционных линий в испытаниях колосовых культур // Научно-технический бюллетень ВСГИ. 1986. № 2 (60). С. 36–41.
13. Ковтун В.И., Медведевский В.И. Солнечная активность и селекция озимой пшеницы: монография. Ростов-на-Дону, 2006. 496 с.
14. Кравченко Н.С., Лиховидова В.А., Скрипка О.В. Качество зерна и засухоустойчивость сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1 (55). С. 52–56.

REFERENCES

1. Dorohov B.A. *Selection of winter wheat in the Central Chernozem and neighboring regions (directions, methods and results)*. Kamennaya Step', Voronezh, Kvarta Publ., 2013, 100 p. (In Russian).
2. Fedotov V.A. *Winter soft wheat in the Central Chernozem region of Russia*, Voronezh, 2016, 415 p. (In Russian).
3. Altuhov A.I. Strategy for the development of the grain producing subcomplex is the basis for the development of the scheme for the placement and specialization of grain production in the country. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2018, no. 5, pp. 146–152. (In Russian).
4. Aseeva T.A., Karacheva G.S., Lomakina I.V., Ruban Z.S. Formation of yield and grain quality of spring and winter wheat in the conditions of the Middle Priamurye region. *Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka = Russian Agricultural Science*, 2018, no. 1, pp. 3–6. (In Russian).
5. Sanduhadze B.I. Development and results of winter wheat breeding in the center of the Non-black Earth Belt. *Dostizheniya nauki i texniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2016, no. 9, pp. 15–18. (In Russian).
6. Fomenko M.A., Grabovecz A.I. Breeding of winter soft on grain quality in the steppe zone. *Dostizheniya nauki i texniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2016, no. 9, pp. 15–18. (In Russian).

- ments of Science and Technology of AIC, 2016, no. 9. pp. 78–81. (In Russian).
7. Dragavcev V.A., Cil'ke R.A., Rejter B.G., Vorob'ev V.A., Dubrovskaya A.G., Korobejnikov N.I., Novohatin V.V., Maksimenko V.P., Babakishiev A.G., Ilyushchenko V.G., Kalashnik N.A., Zujkov YU.P., Fedotov A.M.. *Genetics of performance traits of spring wheat in Western Siberia*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1984, 230 p. (In Russian).
 8. Rybas' I.A. Assessment of the parameters of ecological plasticity and stability of mild winter wheat varieties. *Agrarnyj vestnik Urala. Agronomiya = Agrarian Bulletin of the Urals, Agronomy*, 2014, no. 6 (124), pp. 26–29. (In Russian).
 9. Zhuchenko A.A. *Adaptive crop production (ecological and genetic foundations). Theory and practice*. Moscow, 2008, vol. 1, 282 p. (In Russian).
 10. Romanenko A.A., Besspalova L.A., Kudryashov I.N., Ablova I.B. *New varietal policy and varietal agricultural machinery of winter wheat*. Krasnodar, 2005, 231 p. (In Russian).
 11. Pakudin V.Z., Lopatina L.M. Assessment of ecological plasticity and stability of agricultural varieties. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 1984, no. 4, pp. 103–113. (In Russian).
 12. Hangil'din V.V. Parameters of evaluation of homeostaticity of varieties of breeding lines in tests of ear crops. *Nauchno-tekhnicheskij byulleten' VSGI = Scientific and Technical Bulletin of the All-Union Breeding and Genetic Institute*, 1986, no. 2 (60), pp. 36–41. (In Russian).
 13. Kovtun V.I., Medvedovskij V.I. *Solar activity and winter wheat breeding*. Rostov-na-Donu, 2006, 496 p. (In Russian).
 14. Kravchenko N.S., Lihovidova V.A., Skripka O.V. Grain quality and drought tolerance of the winter soft wheat varieties. *Zernovoe hozyajstvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2018, no. 1 (55), pp. 52–56. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Дорохов Б.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела; **адрес для переписки:** Россия, 397463, Воронежская обл., Таловский р-н., пос. 2 участка Института им. Докучаева, квартал 5, д 21; e-mail: niishlc@mail.ru

Браилова И.С., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела

Беляева Е.П., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Boris A. Dorokhov**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher, Head of Department; **address:** 21, block 5, settl. of the 2nd plot of the Institute named after Dokuchaev, Talovsky district, Voronezh region, 397463, Russia; e-mail: niishlc@mail.ru

Irina S. Brailova, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher, Head of Department

Elena P. Belyaeva, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 12.04.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 01.06.2022
Дата публикации / Published 25.07.2022

СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ ПО ПРИЗНАКУ ГАБИТУС КУСТА

✉ Сазонов Ф.Ф.

*Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства
Брянская область, с. Кокино, Россия*

✉ e-mail: sazon-f@yandex.ru

Представлены результаты фенотипической оценки генетической коллекции черной смородины, отборных форм, инбредного и гибридного потомства по признаку габитус куста. Изучена возможность использования перспективных генотипов для получения потомства с оптимальным типом кроны. Исследования проведены в 2017–2021 гг. в условиях Брянской области на участках генетической коллекции, конкурсного изучения отборных форм, гибридного фонда черной смородины. Возделывание смородины черной в коллекционных посадках и на гибридном участке проводили в соответствии с общепринятой в Нечерноземной зоне России агротехникой. Погодные условия Брянской области типичны для Центрального региона России, климат умеренно континентальный. Проведена дифференциация сортов и отборных форм по форме кроны растений. Выполнен гибридологический анализ наследования признака габитус куста на примере девяти семей от контролируемых скрещиваний, трех популяций от самоопыления различных по форме куста генотипов и трех – от свободного опыления перспективных генотипов черной смородины. Установлены сорта, соответствующие отдельным параметрам комбайновой технологии уборки ягод по признакам габитус куста, ширина основания, высота растений. К ним относятся сорта Литвиновская, Миф, Рита, Кудесник, Кудмиг, Ben Hope, Нежданчик, Подарок Астахова, Тамерлан, Tiben, Этюд, Чернавка и другие, а также ряд перспективных гибридов – 4-94-1, 3-80-01, 4-5-2, 4-19-04, 62-03-7 и др. Фенотипическая оценка потомства черной смородины показала, что проявление признака габитус куста имеет существенную зависимость от типа кроны генотипов, задействованных в селекционной работе.

Ключевые слова: черная смородина, машинная уборка, технология возделывания, селекция, габитус куста, гибриды

BREEDING EVALUATION OF BLACK CURRANT ON THE BASIS OF SHRUB HABITUS

✉ Sazonov F.F.

*Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery
Kokino vil., Bryansk Region, Russia*

✉ e-mail: sazon-f@yandex.ru

Results of phenotypic evaluation of black currant genetic collection, selected forms, inbred and hybrid progeny by shrub habitus are presented. The possibility of using promising genotypes to produce the progeny with an optimal type of crowns was studied. Studies were conducted in 2017–2021 in the conditions of the Bryansk region in the plots of the genetic collection, competitive study of selected forms, and hybrid black currant stock. The cultivation of black currants in the collection plantations and on the hybrid plot was carried out in accordance with the common in the Non-Black Earth Zone of Russia agro-technique. The weather conditions of the Bryansk region are typical for the Central region of Russia, the climate is moderately continental. Differentiation of varieties and selected forms by crown shape of plants was carried out. Hybridological analysis of inheritance of shrub habitus trait on the example of nine families from controlled crosses, three populations from self-pollination of genotypes different in shrub shape and three - from free pollination of promising black currant genotypes was performed. Varieties corresponding to the individual parameters of combine berry harvesting technology in terms of shrub habitus, base width, plant height were identified. These include the varieties Litvinovskaya, Myth, Rita, Kudesnik, Kudmig, Ben Hope,

Nezhdanchik, Podarok Astakhova, Tamerlan, Tiben, Etyud, Chernavka and others, as well as a number of promising hybrids - 4-94-1, 3-80-01, 4-5-2, 4-19-04, 62-03-7, etc. The phenotypic evaluation of black currant progeny showed that the manifestation of the shrub habitus trait has a significant dependence on the crown type of the genotypes involved in the breeding work.

Keywords: black currant, machine harvesting, cultivation technology, selection, shrub habitus, hybrids

Для цитирования: Сазонов Ф.Ф. Селекционная оценка черной смородины по признаку габитус куста // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 35–45. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-4>. EDN MDSCWTW.

For citation: Sazonov F.F. Breeding evaluation of black currant on the basis of shrub habitus. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 35–45. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-4>. EDN MDSCWTW.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания Федерального научного центра садоводства и питомниководства № 0432-2021-0001 «Генетические и биотехнологические подходы управления селекционным процессом, совершенствование существующих методов селекции для конструирования новых генетических модификаций плодовых, ягодных, овощных и полевых культур, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства».

Acknowledgements

The research was carried out within the framework of implementation of the state assignment of the Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery № 0432-2021-0001 "Genetic and biotechnological approaches to breeding process management, improvement of existing breeding methods to design new genetic modifications of fruit, berry, vegetable and field crops that meet modern requirements of agricultural production".

ВВЕДЕНИЕ

Среди ягодных кустарников смородина черная пользуется признанным успехом и имеет широкие перспективы в приусадебном и промышленном садоводстве. Ее очевидные достоинства связаны с неприхотливостью к условиям произрастания, зимостойкостью, быстрым вступлением в плодоношение и высокой урожайностью, возможностью полной механизации большинства технологических операций и уборки урожая [1–3]. Особую ценность черной смородине придает высокий уровень накопления в ягодах и продуктах переработки биологически активных веществ, сочетание содержащихся в них витамина С и Р-активных веществ, макро- и микроэлементов, десертный вкус отдельных сортов и доступность для потребителя [4, 5].

К настоящему времени заметные успехи достигнуты в совершенствовании сортамента культуры. Большинство современных сортов черной смородины являются производными – рекомбинантами диких видов в 3–5-м поколении, что позволяет отбирать

в потомстве крупноплодные и урожайные генотипы. Благодаря кропотливой работе исследователей созданы новые высокопродуктивные сорта с ценными качествами, пригодные для интенсивной технологии возделывания, такие как Кипиана, Миф, Кудесник, Литвиновская, Ядреная 2, Тамерлан, Шаман, Ceres, Black Magic Karbon, Ben Sarek и др. [6–8].

В связи с созданием технологичных сортов Н.И. Вавилов еще в 1932 г. указывал, что какую бы культуру ни взять, по каждой из них грядущая механизация ставит свои специфические требования по созданию типов растений, соответствующих механизированной уборке. Выполнение этих требований – актуальная задача селекционеров и генетиков. Создание сортов ягодных культур, пригодных к машинной уборке урожая, – одно из приоритетных направлений современных селекционных программ [9, 10]. Для смородины возможность механизированного возделывания связана с такими показателями, как пряморослый и компактный тип куста с побегами умеренной высоты,

укороченными междоузлиями, с прочными, не лежащими под тяжестью урожая ветвями, небольшое число скелетных ветвей, плотное основание куста, сосредоточение основного урожая в верхней части кроны и др. [11].

Исследования по совершенствованию габитуса куста проводили в разных учреждениях и достигли определенных успехов. Так, согласно селекционной программе Ист-Моллингской опытной станции в селекции на пряморослость использовали высоко-рослый и пряморослый североамериканский вид – смородину прицветковую (*Ribes bracteosum* Dougl.) и гибридную форму между представителями подрода смородин черных *R. nigrum* Dougl. и *R. bracteosum* L. – смородину буроватую *R. fuscescens* Jancz [12]. В скрещиваниях смородины буроватой с представителем скандинавского подвида смородины черной (spp. *scandinavicum*) сортом Brödtorp получен относительно пряморослый сорт Jet [13]. Выдающимся донором прямостоячего и компактного габитуса куста является западноевропейский сорт Goliath, в потомстве которого наблюдается большая доля сеянцев с такими же параметрами при скрещивании с сортами Baldwin, Seabrooks Black, French Black, Боскопский великан [14]. В ФРГ (институт Макса Планка) при облучении рентгеновскими лучами черенков сорта Westwick Choise получен сорт Westra с очень компактным типом куста, пряморослыми жесткими ветвями, который передает подобную архитектуру своим гибридам¹.

Попытки создания новых форм смородины с заданной структурой и конструкцией куста предпринимались и отечественными исследователями. По утверждению А.С. Равкина [15], пряморослость и компактность – признаки, свойственные разным подвидам видов черной смородины. Их можно найти с достаточной степенью выраженности объединенными в одном растении

у форм европейского подвида и смородины прицветковой, а также при скрещивании форм европейского и сибирского подвигов.

Результативными оказались скрещивания между *R. fuscescens* с относительно слабосильными сортами Goliath и Kent (Baldwin). Так был создан сорт Высокая². Среди потомства сорта Память Мичурина, полученного опылением его же пылью, заготовленной с растений, облученных в гамма-поле, выделен сорт Компактный карлик, отличающийся компактностью и пряморослостью [15]. В Подмосковье в потомстве сорта Westra был отобран очень компактный сеянец, названный Вертикаль, формирующий куст сжатого типа с пряморослыми побегами без разветвлений и хорошим урожаем [16].

Новаторские исследования ученых ФНЦ им. И.В. Мичурина, начатые в конце 80-х годов прошлого столетия, легли в основу современной промышленной технологии возделывания черной смородины с использованием специализированного комплекса машин, в том числе комбайнового способа уборки урожая. Изучены и представлены требования для сортов, соответствующие параметрам работы механизмов при уборке урожая [17]. Установлено, что сорт, соответствующий условиям работы ягодоуборочной техники, определяет ее результативность и долю потерь урожая [18].

Использование ягодоуборочных машин ввиду дефицита человеческого ресурса для ручного сбора урожая – основополагающий принцип в расширении товарных площадей смородины черной. Однако пряморослый куст при хорошей нагрузке урожаем часто приобретает полураскидистый, раскидистый и даже стелящийся габитус. У генотипов с раскидистым типом куста ветви имеют практически стелящееся положение, в этом случае механизированный сбор затрудняется. Установлено, что наиболее подходящая форма куста для промышленного использования – от пряморослой до полураскидистой

¹Князев С.Д., Пикунова А.В., Бахотская А.Ю., Шавыркина М.А., Чекалин Е.И. Инновационные направления селекционных исследований смородины черной // Селекция и сорторазведение садовых культур: сб. науч. тр. / под общ. ред. Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК, 2014. С. 192–211.

²Семенченко П.П. Интродукция ягодных кустарников в Молдавии. Кишинев, 1979. 112 с.

[11]. Для механизированной уборки урожая пригодны сорта с высотой 1,2–1,8 м, так как слаборослые и чрезмерно высокие растения мешают эффективной работе машин. Растения с широким основанием куста также неприемлемы: рабочие органы ягодоуборочной техники, особенно при наличии полеглых ветвей более 5%, существенно травмируют побеги. Установлено, что ширина основания растений не должна превышать 0,3 м [19].

Цель исследования – изучить коллекцию сортов черной смородины Кокинского опорного пункта Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства по признаку габитус куста, провести анализ характера наследования в потомстве формы кроны и отбор перспективных исходных форм для селекции на технологичность выращивания и уборки урожая.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Изучение габитуса куста смородины черной проводили в коллекционном и селекционном саду Кокинского опорного пункта (Брянская область) с 2017 по 2021 г. на растениях 4–5-летнего возраста. Объект исследований – 90 сортов смородины черной, 21 от-

борная форма, потомство девяти комбинаций скрещиваний, трех инбредных популяций и трех – от свободного опыления. Изучение линейных характеристик кустов в коллекционных посадках проводили в трехкратной повторности, не менее пяти растений каждого сорта в каждой повторности. Растения в гибридных семьях изучали покустно, т.е. каждый индивидуально. При проведении гибридологического анализа в отношении количественных признаков изучены степень доминантности признака компактности кроны в популяции F_1 и частота выщепления гетерозисных сеянцев в семьях согласно общепринятой методике по селекции³.

Оценку формы куста смородины черной проводили по пятибалльной шкале согласно методике ФНЦ им. И. В. Мичурина (см. рис. 1)⁴.

Возделывание смородины черной в коллекционных посадках и на гибридном участке проводили в соответствии с общепринятой в Нечерноземной зоне России агротехникой. Погодные условия Брянской области типичны для Центрального региона России, климат умеренно континентальный, характеризующийся умеренно холодной зимой, теплым летом и неравномерным распределением осадков.

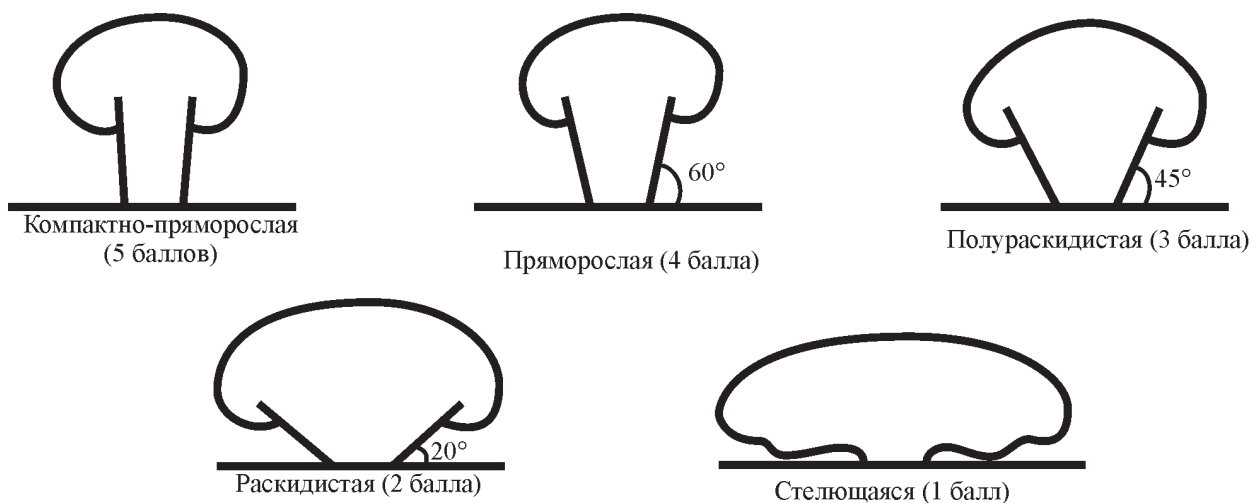


Рис. 1. Шкала для оценки формы кроны смородины черной

Fig. 1. Scale for assessing the shape of black currant crowns

³Кичина В.В., Огольцова Т.П., Савельев Н.И., Зубов А.А. Генетические основы селекции. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова. Орел: Изд-во ВНИИСПК, 1995. С. 5–25.

⁴Якименко О.Ф., Новопокровский В.С. Оценка и подбор сортов черной смородины для машинной уборки урожая: метод. реком. Мичуринск, 1988. 17 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Важным направлением в селекции черной смородины является повышение технологичности новых сортов, а именно возможность механизации агротехнических операций возделывания и уборки урожая. Это достигается благодаря определенной архитектонике растений, небольшого основания куста (0,3–0,4 м в диаметре) за счет 6–8 ветвей нулевого порядка, разреженности и среднерослости растений, сосредоточению урожая в верхней части и периферийной зоне кроны, одновременного созревания плодов с прочной кожицей при сухом отрыве и др.

Сложность возделывания высокопродуктивных сортов отчасти заключается в том, что в урожайные сезоны большинство из них не способно выдерживать нагрузку. Часто ветви поникают до такой степени, что практически исключается возможность машинной уборки. Лучшим габитусом растений смородины черной будет пряморослая и компактно-пряморослая конструкция куста. С такой архитектоникой растения приобретают полураскидистый габитус при высокой нагрузке урожаем. Это облегчает ручной и механизированный сбор плодов и позволяет достаточно плотно размещать растения.

Для черной смородины при машинной уборке урожая принято считать оптимальным габитус куста от раскидистой до пряморослой формы. Стелящийся тип куста и наличие полеглых ветвей неизбежно ведет к попаданию в ягодный ворох почвы и сопутствующего мусора, к тому же повышается травмирование ветвей. Однако окончательного мнения о габитусе куста к настоящему времени нет и вопрос остается открытым, что связано с широким выбором ягодоуборочных машин и их конструктивными особенностями.

Оценка сортов и отборов черной смородины по признаку габитус куста позволила дифференцировать их на группы. Наиболее стелящаяся форма кроны (1 балл) при полной нагрузке урожаем характерна производным смородины дикуши – сортам Дегтяревская, Памяти Потапенко, Глобус и Аннади. В эту

же группу отнесены сорта Клуссоновская и Дар Смольяниновой. Следующая группа растений с раскидистым габитусом куста (2 балла) наиболее многочисленна. К ней отнесены сорта Белорусочка, Багира, Искушение, Минусинская сладкая, Дачница, Купалинка, Глариоза, Добрый Джинн, Галактика, Шалуныя, Орловия, Зеленая дымка, Черный жемчуг, Черешнева, Нимфа, Казкова, Орловский вальс, Лентяй, Шаровидная, Партизанка Брянская, Славянка, Память Вавилова, Чудное мгновение, Святязанка, Маленький принц, Мрия, Монисто, Мрия-3, Крыничка, Ядреная, Пигмей, Мрия-5, Челябинская, Трилена, Услада, Ben Alder. Причем, у многих из указанных сортов в первые годы роста габитус куста чаще среднераскидистый, с увеличением нагрузки на плодоносящие побеги куст приобретает раскидистую форму.

Одной из оптимальных типов крон куста является полураскидистая (3 балла по форме куста). Растения такого габитуса формируют сорта Дебрянск, Каскад, Кудесник, Добрыня, Сударушка, Стрелец, Аметист, Подарок Калининой, Гулливер, Селеченская 2, Памяти Бредова, Севчанка, Миф, Памяти Равкина, Чародей, Нежданчик, Кудмиг, Орловская серенада, Санюта, Чернавка, Загляденье, Тамерлан, Этюд, Black Magic, Ben Sarek и отборы 42-5-1/05 (Грация × Монисто), 13-51-1 (Шалуныя, свободное опыление), 62-03-7 (Венера × Бармалей), 33-27-1 (Стрелец × Селеченская 2). Пряморослый габитус растений с формой куста 4 балла формируют сорта Голубичка, Соловьиная ночь, Литвиновская, Лама, Деликатес, Изюмная, Вера, Селеченская, Бармалей, Зуша, Подарок Астахова, Брянский агат, Triton, Tisel, Подарок ветеранам, Надина, Ben Tirran, Рита, Ben Норе, Big Ben, Tiben и отборные формы 3-80-01 (7-49-3 I₁), 5-57-01 (Стрелец × Мрия), 10-141-2, 4-63-4 (Стрелец × Голубичка), 3-37-26/02 (Добрыня × Венера), 4-5-2 (СК-7 × Экзотика), 4-16-09, 4-94-1 (10-141-2 × Партизанка Брянская), 11-115-02 (Тамерлан × Брянский агат), 9-5-01, 43-39-12/05 (Орловская серенада, свободное опыление), 36-27-4/05 (Дебрянск, свободное опыление).

Компактно-пряморослый габитус встречается гораздо реже у плодоносящих растений черной смородины, подобный отмечен только у сорта Вертикаль. Из гибридного фонда нами отобраны достаточно продуктивные формы (2,2–2,5 кг/куст) с компактно-пряморослой формой кроны (5 баллов): 4-19-04 (Мрия × Литвиновская), 12-117-01 (Ben Tirran I₁), 11-141-01 (Ben Tirran, свободное опыление), 2-28-01 (Tisel, свободное опыление), 3-30-4 (Подарок Калининой, свободное опыление). Велика вероятность того, что использование их в дальнейшей селекционной работе позволит отобрать высокопродуктивные формы с полураскидистым и пряморослым габитусом куста, что при максимальной нагрузке урожаем снизит долю полеглых ветвей.

В исследованиях, проведенных ранее В.С. Новопокровским⁵ и О.В. Даньшиной⁶ при изучении признака габитус куста, установлено, что в гибридном потомстве смородины черной доминирующей является раскидистая форма растений и выщепление пряморослых сеянцев возможно лишь при участии в гибридизации исходных форм с пряморослым габитусом куста.

Проведенная нами фенотипическая оценка гибридного и инбредного потомства показала, что тип кроны большинства сеянцев соответствовал уровню признака исходных форм. Так, в семье Дар Смольяниновой × Шаровидная, где исходным формам характерны стелящаяся и раскидистая формы крон, превалирующая часть потомства по архитектонике куста не отличалась от родителей. Или, например, в семье Кудесник × Литвиновская с полураскидистым и пряморослым габитусом куста родителей форма крон изученного потомства не выходила за их параметры. Подобное соответствие конструкции кроны растений родителей и потомства наблюдается не всегда. Несмотря на то, что в качестве родителей не были за-

действованы образцы с компактно-пряморослым габитусом, в отдельных популяциях выделена небольшая доля сеянцев с формой кроны куста 5 баллов. Так, в семьях Стрелец × Голубичка, Стрелец × Литвиновская, Миф × Литвиновская и в потомстве от свободного опыления пряморослых сортов Ben Tirran и Tisel выделено от 1,6 до 7,9% компактно-пряморослых гибридов (см. рис. 2). Это связано с тем, что в качестве одного из родителей была задействована форма с пряморослым типом кроны. Таким образом, изучение потомства смородины черной по архитектонике растения свидетельствует о прямой зависимости проявления этого признака от задействованных в селекции исходных генотипов.

Оценка степени доминирования признака габитус куста в потомстве семей Тамерлан × Кудесник, Дар Смольяниновой × Шаровидная, Стрелец × Селеченская 2 выявила однотипность конструкции куста родителей и гибридов ($H_r = 0$) (см. таблицу). В семьях Тамерлан × Кудесник и Стрелец × Селеченская 2 отмечен наиболее высокий выход трансгрессивных сеянцев: $T_{ch} = 8,5$ и $10,8\%$ соответственно, при том, что ни один из родителей не отличался компактностью кроны. Это лишь подтверждает полигенный характер наследования признака габитус куста и объясняет его существенное варьирование в пределах гибридных и инбредных популяций.

В комбинациях Стрелец × Мрия, Стрелец × Литвиновская, Кудесник × Литвиновская установлено отклонение потомства в сторону лучшей по форме кроны исходной формы ($H_r = +0,2...+0,8$). В семье Дебрянск × Литвиновская установлена депрессия в наследовании оптимальной формы кроны ($H_r = -1,4$). Среди изученного потомства от самоопыления выделены трансгрессивные сеянцы. В инбредном потомстве сорта Черешнева с раскидистой кроной куста отмечено $8,2\%$ полураскидистых сеянцев.

⁵Новопокровский В.С. Анализ гибридов черной смородины по признакам габитуса куста и прочности ягод в связи с механизированной уборкой урожая // Селекция и сортоизучение ягодных культур: сб. науч. тр. ВНИИ садоводства им. И.В. Мичурина. Мичуринск, 1987. С. 75–78.

⁶Даньшина О.В. Селекционная оценка форм смородины черной на пригодность к машинной уборке урожая: дис. ... канд. с.-х. наук. Кокино, 2017. 167 с.

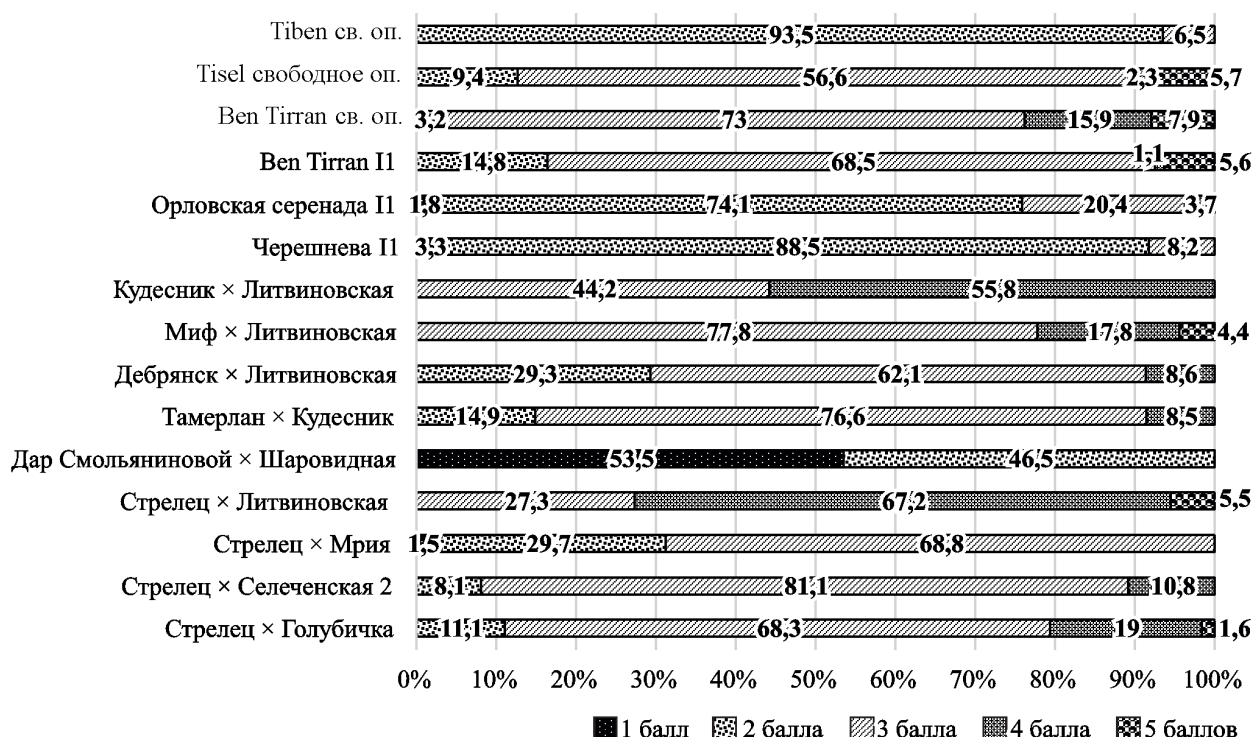


Рис. 2. Расщепление потомства смородины черной по типу компактности куста

Fig. 2. Black currant progeny splitting by type of shrub compactness

Оценка потомства смородины черной по выходу трансгрессивных сеянцев (Тч, %) и степени доминирования (Нр) в гибридных и инбредных популяциях по признаку габитус куста
Evaluation of black currant progeny by the yield of transgressive seedlings (Frequency of transgressions Ft, %) and the degree of dominance (Hp) in hybrid and inbred populations according to shrub habitus

Исходные формы		Изучено сеянцев, шт.	Форма кроны, балл			Тч, %	Нр
♀	♂		♀	♂	F ₁		
Стрелец	Голубичка	63	3,0	4,0	3,1	1,6	-0,8
	Селеченская 2	37	3,0	3,0	3,0	10,8	0
	Мрия	64	3,0	2,0	2,7	0	+0,4
	Литвиновская	55	3,0	4,0	3,9	5,5	+0,8
Дар Смольяниновой	Шаровидная	43	1,0	2,0	1,5	0	0
Тамерлан	Кудесник	47	3,0	3,0	2,9	8,5	0
Дебрянск		58	3,0	4,0	2,8	0	-1,4
Миф	Литвиновская	45	3,0	4,0	3,3	4,4	-0,4
Кудесник		43	3,0	4,0	3,6	0	+0,2
Черешнева	Черешнева	61	2,0	2,0	2,1	8,2	0
Орловская серенада	Орловская серенада	54	3,0	3,0	2,3	3,7	0
Ben Tirran	Ben Tirran	54	4,0	4,0	3,1	5,6	0
Ben Tirran, свободное опыление		63	4,0	—	3,3	7,9	—
Tisel, свободное опыление		53	4,0	—	3,3	—	—
Tiben, свободное опыление		77	4,0	—	2,1	—	—

Полеглие ветви при работе ягодоуборочных машин поднимаются, ориентируются вдоль ряда или выламываются. Количество полеглих ветвей при механизированной уборке урожая не должно превышать 5%. У сортов Багира, Славянка, Купалинка, Дар Смольяниновой, Казкова, Клуссоновская, Дяттеревская объем периферийных полеглих ветвей при созревании урожая составил более 5% и варьировал в пределах 5,9–12,5%. Такие сорта нуждаются в дополнительной обрезке кустов при подготовке их к комбайновой уборке урожая.

Модель промышленного сорта, разработанная для черной смородины, предусматривает оптимальные параметры высоты куста в пределах 1,2–1,8 м [20]. В результате коллекционной оценки фенотипического проявления признака «высота растений» установлено, что группу низкорослых (куст высотой до 1,2 м) составляют сорта Багира, Святаязанка, Дяттеревская, Славянка, Мрия, Добрыня, Шалунья, Нимфа, Дачница, Изюмная, Казкова, Пигмей, Купалинка, Мрия-3, Санюта, Черешнева. Достаточно высокий куст, около 1,9 м, формируют сорта Деликатес, Чудное мгновение, Аметист, Монисто, Трилена, Минусинская сладкая, Памяти Бредова, Гулливер, Память Вавилова, Софіївська, Селеченская, Челябинская, Triton, что превышает оптимальный порог по этому признаку для использования ягодоуборочного комбайна и требует дополнительных затрат на обрезку насаждений. Высота растений остальных сортов и отборных форм, которые изучены нами в данном исследовании (всего 110 генотипов), находится в диапазоне 1,2–1,8 м, что соответствует параметрам работы механизмов при уборке урожая.

Для снижения потерь ягод смородины возникает необходимость оценивать ширину основания растений, которая не должна превышать 0,3 м. Такое требование продиктовано особенностью конструкции современной ягодоуборочной техники, поскольку широкое основание кустов в совокупности с полеглими побегами уменьшают зону работы приемных устройств и увеличивают потери урожая.

Широкое основание куста (от 0,35 до 0,50 м) типично для таких сортов, как Аметист, Изюмная, Гулливер, Славянка, Клуссоновская, Казкова, Крыничка, Трилена, Дяттеревская, Дар Смольяниновой, Чудное мгновение, Минусинская сладкая. Их использование в технологии с машинной уборкой урожая возможно лишь при проведении дополнительных операций по подготовке насаждений (формирующая обрезка). В противном случае комбайнирование сопровождается значительным повреждением растений.

Основание куста у сортов Купалинка, Литвиновская, Тамерлан, Зуша, Подарок Астахова, Добрыня, Орловская серенада, Нежданчик, Ben Hope, Triton, Подарок ветеранам, Tisel, Лама, Партизанка Брянская, Кудесник, Миф, Tiben, Святаязанка, Этюд, Багира, Чародей, Чернавка, Пигмей, Маленький принц, Шалунья, Селеченская 2, Рита, Зеленая дымка, Шаровидная, Глариоза, Кудмиг, Черешнева и форм 42-5-1/05, 4-94-1, 3-80-01, 4-19-04, 62-03-7, 9-5-01, 43-39-12/05, 36-27-4/05, 4-5-2, 5-57-01, 21-25-1/05, 33-27-1, 7-49-3, 4-63-4, 3-37-26/02 в среднем варьировало от 0,2 до 0,3 м, что соответствует требованиям, предъявляемым к растениям смородины при комбайновой уборке. Узкое основание куста (до 0,15 м) отмечено у сортов Сударушка, Дачница, Мрия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проявление признака габитус куста в изученных популяциях черной смородины в значительной степени обусловлено генотипическими различиями исходных форм. В качестве источников изучаемого признака с учетом формы кроны, высоты растений, ширины основания в селекции перспективно использовать сорта Миф, Литвиновская, Тамерлан, Зуша, Подарок Астахова, Нежданчик, Орловская серенада, Ben Hope, Подарок ветеранам, Tisel, Кудесник, Tiben, Этюд, Чародей, Чернавка, Селеченская 2, Рита, Кудмиг и отборы 42-5-1/05, 4-94-1, 3-80-01, 4-19-04, 62-03-7, 9-5-01, 36-27-4/05, 4-5-2, 5-57-01, 21-25-1/05, 33-27-1, 7-49-3, 4-63-4, 43-39-12/05, 3-37-26/02. Представ-

ленные генотипы отвечают требованиям пригодности к комбайновой уборке урожая. Использование их в дальнейших скрещиваниях позволит вести селекционную работу на технологичность сортов на качественно новом уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов И.М., Евдокименко С.Н., Тумаева Т.А., Келина А.В., Сазонов Ф.Ф., Андронova Н.В., Подгаецкий М.А. Научное обеспечение ягодоводства России и перспективы его развития // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 414–419. DOI: 10.18699/VJ21.046.
2. Акуленко Е.Г., Каньшина М.В., Яговенко Г.Л. Результаты и перспективы селекции смородины черной во ВНИИ люпина // Плодоводство и ягодоводство России. 2020. Т. 63. С. 11–15. DOI: 10.31676/2073-4948-2020-63-11-15.
3. Жидехина Т.В., Родюкова О.С., Гурьева И.В., Хромов Н.В., Брыксин Д.М. Современные тенденции в обновлении промышленного сортимента ягодных и нетрадиционных садовых культур // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 2. С. 22–26. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-1020.
4. Еришова И.В. Сорта смородины черной как источники высокого содержания биологически активных соединений // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 11. С. 60–62. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-11113.
5. Сазонова И.Д. Оценка уровня накопления биологически активных веществ в плодах ягодных культур в условиях Брянской области // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 57. С. 121–127. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-57-121-127.
6. Голяева О.Д., Курашев О.В., Князев С.Д., Бахотская А.Ю. Новые сорта смородины и крыжовника селекции ВНИИСПК // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 4. С. 41–46. DOI: 10.30850/vrsn/2020/4/41-46.
7. Sazonov F.F., Evdokimenko S.N., Sorokopudov V.N., Andronova N.V., Skovorodnikov D.N. The productivity of new Russian blackcurrant cultivars // Acta Horticulturae. 2020. Vol. 1277. P. 155–158. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.22.
8. Чеботок Е.М. Итоги сортоизучения коллекции смородины черной на Среднем Урале // Плодоводство и ягодоводство России. 2020. Т. 60. С. 136–143. DOI: 10.31676/2073-4948-2020-60-136-143.
9. Панфилова О.В. О технологии возделывания ягодных культур, пригодных для механизированной уборки Панфилова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 5. С. 85–90.
10. Евдокименко С.Н., Подгаецкий М.А. Состояние сортимента малины в России и проблемы его улучшения // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 59. С. 294–300. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-59-294-300.
11. Утков Ю.А. Пути повышения качества и эффективности комбайновой уборки урожая на промышленной плантации смородины // Садоводство и виноградарство. 2015. № 4. С. 40–44.
12. Sinnott Q.P. A revision of Ribes bg. Grossularia (Mill.) per. Sect. Grossularia (Mill.) Nutt. (Grossulariaceae) in North America // Rhodora. 1985. Vol. 87. P. 189–286.
13. Куп Э. Смородина и крыжовник // Селекция плодовых растений: пер. с англ. В.Г. Александровой, В.А. Высоцкого, Н.В. Гаделия; под ред. и с предисл. Х.К. Еникеева: монография. М.: Колос, 1981. С. 274–371.
14. Keep E. Currants Ribes spp. (Grossulariaceae) // Evolution of Crop Plants; 2nd Ed. Longman, Harlow, 1995. P. 235–239.
15. Равкин А.С. Черная смородина (исходный материал, селекция, сорта): монография. М.: Изд-во МГУ, 1987. 216 с.
16. Кичина В.В. Принципы улучшения садовых растений: монография. М.: ВСТИСП Россельхозакадемии, 2011. 528 с.
17. Жидехина Т.В., Родюкова О.С., Гурьева И.В. Перспективные направления интенсификации производства ягод смородины черной в ЦЧР // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2012. № 3. С. 85–88.
18. Краюшкина Н.С., Перекопский А.Н., Егорова К.И., Евсеев С.П. Обоснование хозяйственно-биологических свойств и пригодности к машинной уборке урожая сортов и селекционных форм смородины черной // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2020. № 2 (103). С. 64–72. DOI: 10.24411/0131-5226-2020-10242.

19. Утков Ю.А., Сорокопудов В.Н., Медведев С.М. Механизированный сбор ягод смородины черной в России и новые подходы к оценке пригодности сортов к машинному воздействию // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 7. С. 139–144.
20. Андрушкевич Т.М., Матвеев В.А. Наследование признака «высота куста» в гибридном потомстве крыжовника // Вестні Національної академії наук Білорусі. Серія аграрних наук. 2013. № 3. С. 45–51.

REFERENCES

1. Kulikov I.M., Evdokimenko S.N., Tumaeva T.A., Kelina A.V., Sazonov F.F., Andronova N.V., Podgaetsky M.A. Scientific support of small fruit growing in Russia and prospects for its development. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2021, vol. 25, no. 4, pp. 414–419. (In Russian). DOI: 10.18699/VJ21.046.
2. Akulenko E.G., Kan'shina M.V., Yagovenko G.L. Results and outlooks of black currants breeding in the All-Russian Lupin Scientific Research Institute. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 2020, vol. 63, pp. 11–15. (In Russian). DOI: 10.31676/2073-4948-2020-63-11-15.
3. Zhidekhina T.V., Rodyukova O.S., Gur'eva I.V., Khromov N.V., Bryksin D.M. Modern trends in commercial assortment upgrading of berry and non-traditional horticultural crops. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 2, pp. 22–26. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-1020.
4. Ershova I.V. Varieties of blackcurrant as sources of high content of biologically active compounds. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 11, pp. 60–62. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-11113.
5. Sazonova I.D. Evaluation of the level of accumulation of biologically active substances in fruit of berry crops in the Bryansk region. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 2019, vol. 57, pp. 121–127. (In Russian). DOI: 10.31676/2073-4948-2019-57-121-127.
6. Golyaeva O.D., Kurashev O.V., Knyazev S.D., Bahotskaya A.Y. New varieties of currants and gooseberry breeding plants. *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki = Vestnik of the Russian agricultural science*, 2020, no. 4, pp. 41–46. (In Russian). DOI: 10.30850/vrsn/2020/4/41-46.
7. Sazonov F.F., Evdokimenko S.N., Sorokopudov V.N., Andronova N.V., Skovorodnikov D.N. The productivity of new Russian blackcurrant cultivars. *Acta Horticulturae*, 2020, vol. 1277, pp. 155–158. DOI: 10.17660/ActaHortic.2020.1277.22.
8. Chebotok E.M. Results of variety study of black currant collection in the Middle Urals. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 2020, vol. 60, pp. 136–143. (In Russian). DOI: 10.31676/2073-4948-2020-60-136-143.
9. Panfilova O.V. On cultivation technology of berry crops suitable for mechanized harvesting. *Vestnik rossijskoj sel'sko-khozyaistvennoj nauki = Vestnik of the Russian agricultural science*, 2018, no. 5, pp. 85–90. (In Russian).
10. Evdokimenko S.N., Podgaetskii M.A. State of raspberry assortment in Russia and problems of its improvement. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 2019, vol. 59, pp. 294–300. (In Russian). DOI: 10.31676/2073-4948-2019-59-294-300.
11. Utkov Y.A. Ways to enhance the quality and efficiency of combine harvesting on the industrial plantations of currant. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Horticulture and viticulture*, 2015, no. 4, pp. 40–44. (In Russian).
12. Sinnott Q.P. A revision of *Ribes* bg. *Grossularia* (Mill.) per. Sect. *Grossularia* (Mill.) Nutt. (*Grossulariaceae*) in North America. *Rhodora*, 1985, vol. 87, pp. 189–286.
13. Keep E. Currant and gooseberry // *Breeding of fruit plants*: Transl. from English by V.G. Aleksandrova, V.A. Vysocky, N.V. Gadeliya et al.; edited and prefaced by Kh.K. Enikeev. Moscow, Kolos Publ., 1981, pp. 274–371. (In Russian).
14. Keep E. Currants *Ribes* spp. (*Grossulariaceae*). Evolution of Crop Plants 2nd Ed. Longman, Harlow, 1995, pp. 235–239.
15. Ravkin A.S. *Black currant (source material, selection, varieties)*. Moscow, MGU Publ., 1987, 216 p. (In Russian).
16. Kichina V.V. *Principles of garden plant improvement*. Moscow, VSTISP RASHN Publ., 2011, 528 p. (In Russian).

17. Zhidekhina T.V., Rodyukova O.S., Gur'eva I.V. Perspective trends of intensification of black currant production in the Central Chernozem Region. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. = *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 2012, no. 3, pp. 85–88. (In Russian).
18. Krayushkina N.S., Perekopskij A.N., Egorova K.I., Evseev S.P. Substantiation of commercial and biological properties and suitability for machine harvesting of black currant cultivars and breeding forms. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva* = *Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products*, 2020, no. 2 (103), pp. 64–72. (In Russian). DOI: 10.24411/0131-5226-2020-10242.
19. Utkov Yu.A., Sorokopudov V.N., Medvedev S.M. Mechanized blackcurrant berry picking in Russia and new approaches to evaluating the suitability of varieties for machine exposure. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* = *Bulletin of the Kursk State Agriculture Academy*, 2018, no. 7, pp. 139–144. (In Russian).
20. Andrushkevich T.M., Matveev V.A. Inheritance of the trait “bush height” in gooseberry hybrid breed. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk* = *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series*, 2013, no. 3, pp. 45–51. (In Belarus).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Сазонов Ф.Ф., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, пер. Парковый, ФНЦ садоводства; e-mail: sazon-f@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Fedor F. Sazonov**, Doctor of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** Horticulture Research Center, Parkovy Lane, Kokino vil., Vygonichsky District, Bryansk Region, 243365, Russia; e-mail: sazon-f@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 06.04.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 02.06.2022

Дата публикации / Published 25.07.2022



УСТОЙЧИВОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ К ВОЗБУДИТЕЛЯМ БОЛЕЗНЕЙ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

✉ Шабатуков А.Х.

Институт сельского хозяйства – филиал Федерального научного центра «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»
Нальчик, Россия

✉ e-mail: kbniish2007@yandex.ru

Представлены результаты исследований (2019–2021 гг.) видового состава комплекса болезней в условиях степной засушливой зоны Кабардино-Балкарии, которые имеют научную и практическую значимость для определения степени устойчивости изучаемых сортов озимой пшеницы к фитопатогенам. Проведен фитосанитарный мониторинг на 10 районированных сортах озимой пшеницы. Выделены болезни и их возбудители: пиренофороз (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.)), септориоз (*Septoria tritici* Rob. et Desm.), мучнистая роса (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. Marchal), бурая и желтая ржавчины (*Puccinia recondite* Rob. et Desm. f. sp. *tritici*; *P. striiformis* West), твердая головня (*Tilletia tritici* (Bjerk) Wint), фузариоз (*Fusarium graminearum* Schw) и черный зародыш (*Alternaria tenuis* Ness et Fr.; *Cladosporium herbarum* Fris.). По результатам анализа цифровых данных пораженности не выявлено потенциально толерантных сортов озимой пшеницы к возбудителям указанных заболеваний из-за агрессивности существующих штаммов *P. tritici-repentis* (Died.), *A. tenuis* Ness et Fr., *C. herbarum* Fris. Все испытанные сорта озимой пшеницы выносливы к возбудителям септориоза, видов ржавчин, твердой головни, но восприимчивы к возбудителям пиренофороза и черного зародыша. Средневзвешенный процент пораженности листьев пиренофорозом составил от 20,5 до 59,6%. Самыми устойчивыми к данному заболеванию оказались сорта Памяти Шатилова и Четет, а восприимчивыми – сорта Лауреат, Корона, Граф, Москвич и Таня, у которых средневзвешенный процент пораженности был выше 46,7%. Исследовано вредоносное заболевание черный зародыш, который проявляется в период молочно-восковой спелости зерна. Средневзвешенный процент пораженности от данной болезни был выше 50% на сортах Алиевич, Таулан, Таня, Москвич, Граф. Максимальный процент пораженности зерна на сорте Четет составил 60,2%. Фузариоз колоса отмечен в депрессивном состоянии, так как в период формирования зерна устанавливается сухая и жаркая погода. Благоприятным условием для развития данного заболевания является дождливая погода.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, возбудитель, фитопатоконплекс, вредоносность, устойчивость, восприимчивость

RESISTANCE OF WINTER WHEAT VARIETIES TO PATHOGENS IN THE CONDITIONS OF THE STEPPE ZONE OF THE KABARDINO-BALKAR REPUBLIC

✉ Shabatukov A.Kh.

Institute of Agriculture - Branch of the Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"
Nalchik, Russia

✉ e-mail: kbniish2007@yandex.ru

Results of the studies (2019-2021) of species composition of the disease complex under conditions of steppe arid zone of Kabardino-Balkaria are presented, which have scientific and practical significance for determining the degree of resistance of winter wheat varieties under study to phytopathogens. Phytosanitary monitoring was conducted on 10 released varieties of winter wheat. The following

diseases and their pathogens were identified: pyrenophorosis (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.)), septoriosiis (*Septoria tritici* Rob. et Desm.), powdery mildew (*Erysiphe graminis* DC. f. *sp. tritici* Em. Marchal), brown and yellow rusts (*Puccinia recondite* Rob. et Desm. f. *sp. tritici*; *P. striiformis* West), head smut (*Tilletia tritici* (Bjerk) Wint), fusarium blight (*Fusarium graminearum* Schw.) and glume mold (*Alternaria tenuis* Ness et Fr.; *Cladosporium herbarum* Fris.). According to the results of the analysis of digital lesion data, no potentially tolerant winter wheat varieties to the pathogens of these diseases were identified due to the aggressiveness of the existing strains of *P. tritici-repentis* (Died.), *A. tenuis* Ness et Fr., *C. herbarum* Fris. All tested varieties of winter wheat are resistant to the causative agents of septoriosiis, rusts, head smut, but are susceptible to the causative agents of pyrenophorosis and glume mold. The average weighted percentage of leaf infestation with pyrenophorosis ranged from 20.5 to 59.6%. The most resistant to this disease were the varieties Memory of Shatilov and Cheget, and the susceptible varieties were Laureate, Korona, Graf, Moskvich and Tanya, in which the weighted average percentage of the disease was above 46.7%. The malignant disease glume mold, which manifests itself in the period of milky-wax ripeness of grain, was studied. The average weighted percentage of lesions from this disease was higher than 50% in varieties Alievich, Taulan, Tanya, Moskvich, Graf. The maximum percentage of grain infestation in the variety Cheget was 60.2%. Fusarium head blight was noted to be depressed as dry and hot weather set in during the period of grain formation. Rainy weather is a favorable condition for the development of this disease.

Keywords: winter wheat, variety, pathogen, phytopathocomplex, harmfulness, resistance, susceptibility

Для цитирования: Шабатуков А.Х. Устойчивость сортов озимой пшеницы к возбудителям болезней в условиях степной зоны Кабардино-Балкарской Республики // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 46–51. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-5>. EDN MXLXQS.

For citation: Shabatukov A.Kh. Resistance of winter wheat varieties to pathogens in the conditions of the steppe zone of the Kabardino-Balkar Republic. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 46–51. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-5>. EDN MXLXQS.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Создание и внедрение в производство новых более продуктивных комплексно-ценных сортов озимых колосовых культур являются одними из высокоэффективных и экономически наиболее выгодных путей повышения урожайности, борьбы с болезнями и вредителями [1]. Посевы озимой пшеницы подвержены фитопатоккомплексу, среди которых наиболее экономически значимые – пиренофороз (возбудитель *P. tritici-repentis* (Died.) Drechsler) и черный зародыш (возбудители *A. tenuis* Ness et Fr.; *C. herbarum* Fris.). Указанные заболевания вредоносны не только в Кабардино-Балкарской Республике, но и на юге России и во всем мире, где занимаются производством озимой пшеницы [2–5].

Согласно исследованиям многих ученых, потери урожая озимой пшеницы во время массового распространения и максимального развития болезней могут составлять до 40% [6]. Толерантность высеваемых сортов ози-

мой пшеницы к прогрессирующим заболеваниям – один из важных факторов получения стабильного урожая зерна. Поэтому селекционно-генетический метод является экономически оправданным, более безопасным для защиты пшеницы от патоккомплекса и окружающей среды. В связи с этим необходимо регулярное проведение фитосанитарного мониторинга экспериментальных посевов разных сортов озимой пшеницы на инфекционную нагрузку.

В Институте сельского хозяйства Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук (Институт сельского хозяйства КБНЦ РАН) проводится ежегодный фитосанитарный мониторинг по изучению устойчивости районированных и перспективных сортов к наиболее вредоносным заболеваниям озимой пшеницы.

Цель исследований – изучить видовой состав возбудителей болезней в агроценозе пшеницы в условиях степной зоны Кабарди-

но-Балкарской Республики. Это позволит в дальнейшем разработать элементы биологизированной системы интегрированной защиты посевов озимой пшеницы.

Актуальность исследований заключается в выявлении прогрессирующих заболеваний озимой пшеницы, которые ежегодно наносят значительный ущерб урожаю зерна.

Основными задачами проведенной исследовательской работой являются определение видового состава возбудителей болезней на экспериментальных посевах различных сортов озимой пшеницы, изучение вредоносности на основании полученных данных, выявление сравнительно выносливых к доминирующим возбудителям болезней пиренофороза и черного зародыша.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Закладку полевых опытов проводили по методикам¹ [7, 8]. Распространенность болезни на экспериментальных посевах озимой пшеницы определяли как средневзвешенный показатель с учетом пораженных растений и обследованной площади по формуле

$$P_c = \Sigma SP / \Sigma S,$$

где P_c – средневзвешенная распространенность болезни, %; ΣSP – сумма произведений площади полей (в гектарах) на соответствующий процент распространенности; ΣS – общее количество обследованной площади (в гектарах) [9]. Определение устойчивости изучаемых сортов озимой пшеницы определяли по следующим источникам² [10, 11].

Дифференциацию образцов озимой пшеницы по устойчивости к болезням озимой пшеницы проводили по следующей последовательности: 1 – устойчивый образец (количество восприимчивых растений в популяции до 10%); 2 – слабовосприимчивый (от 10 до 40%); 3 – средневосприимчивый (от 40 до 65%); 4 – сильновосприимчивый (от 65 до 100%).

Научно-производственные испытания проводили в степной зоне Кабардино-Балкарской Республики на посевах озимой пшеницы сортов:

Южанка, Чегет, Алиевич, Памяти Шатилова, Таулан, Таня, Москвич, Граф, Корона и Лауреат. Почва опытных участков – южный чернозем, расположенный относительно неширокой полосой между обыкновенными черноземами и темно-каштановыми. Южные черноземы характеризуются незначительным содержанием гумуса в горизонте (А 3,5–5,0%) и постепенным распределением по профилю почвы. В основном эти почвы интенсивно используются для возделывания колосовых культур, подсолнечника, кукурузы на зерно и силос [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2019–2021 гг. на посевах экологического сортоиспытания колосовых культур проводили фитосанитарный мониторинг болезней пяти сортов озимой пшеницы селекции Национального центра зерна им. П.П. Лукьяненко, совместной и собственной селекции Института сельского хозяйства КБНЦ РАН: Южанка, Чегет, Таулан, Алиевич, Памяти Шатилова. Из рекомендованных региональной комиссией по формированию предложений о внесении изменений в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию сортов и гибридов сельскохозяйственных культур по Кабардино-Балкарской Республике, представлены сорта Таня, Москвич, Граф, Корона, Лауреат (см. таблицу).

По многолетним наблюдениям. из 10 изучаемых сортов озимой пшеницы заболевания выявлены в единичном порядке. На сортах Чегет и Корона прогрессирующим заболеванием является пиренофороз (*P. tritici-repentis* (Died.)), у которого максимальное распространение составило 100%. К ржавчинным заболеваниям (*Puccinia striiformis* West.; *Puccinia recondite* Rob. et Desm. f. sp. tritici), к фузариозу колоса (*Fusarium* spp.) и септориозу листьев (*Septoria tritici* Rob. et Desm.) указанные сорта обладают выраженной резистентностью. Мучнистая роса (*Erysiphe graminis* DC.) имеет моноциклический тип развития, клейстотеции формируются рано и уходят на зимовку в конце апреля. В период молочно-восковой спелости

¹Усманов Р.Р., Хохлов Н.Ф. Методика опытного дела (с расчетами в программе Excel), практикум. М. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 2020. С 46–49.

²Радченко Е.Е., Кривченко В.И., Солодухина О.В. и др. Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам // Методическое пособие. М., 2008. С. 5–19.

Определение восприимчивости изучаемых сортов озимой пшеницы к возбудителям болезней (степная зона Кабардино-Балкарской Республики, 2019–2021 гг.)

Determination of the susceptibility of the studied varieties of winter wheat to pathogens (Kabardino-Balkar Republic steppe zone, 2019–2021)

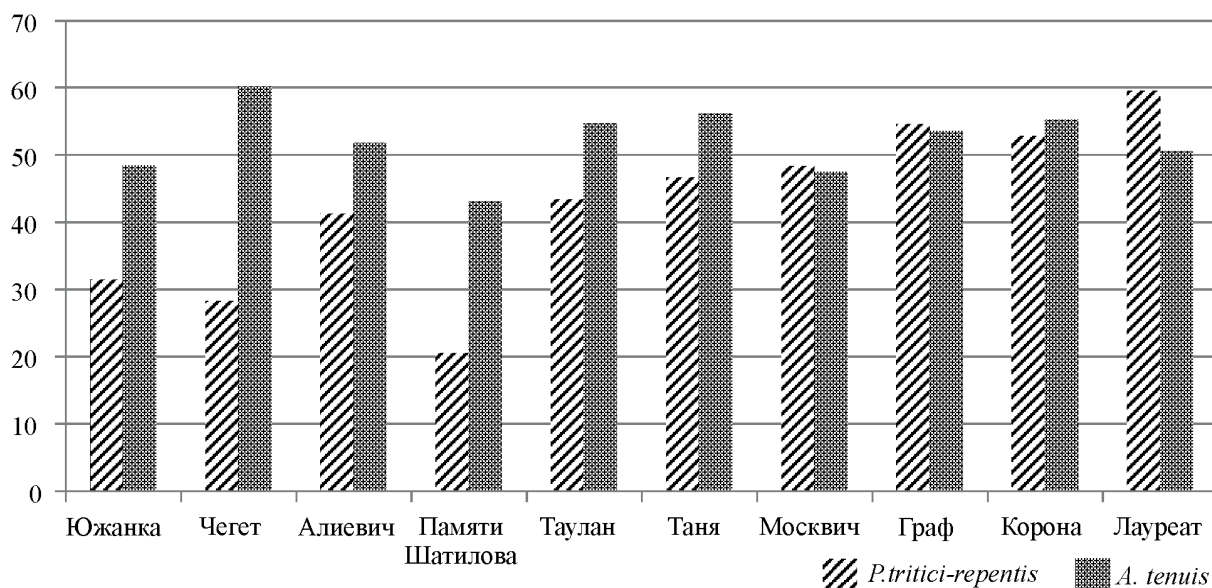
№ п/п	Наименование сорта	Средневзвешенный процент распространенности болезней							
		<i>P. tritici-repentis</i>	<i>S. tritici</i>	<i>E. graminis</i>	<i>P. striiformis</i>	<i>P. recondite</i>	<i>T. caries</i>	<i>A. tenuis</i>	<i>Fusarium spp.</i>
1	Южанка	31,4	20,4	22,6	19,6	17,2	1,8	48,4	1,1
2	Чегет	28,2	26,5	32,3	24,7	23,6	1,7	60,2	0,8
3	Алиевич	41,2	31,0	27,6	23,2	28,6	1,4	51,8	0,6
4	Памяти Шатилова	20,5	15,2	18,5	19,1	15,7	1,1	43,1	0,2
5	Таулан	43,4	25,6	20,8	22,8	24,9	1,6	54,7	0,5
6	Таня	46,7	31,8	29,6	32,3	24,5	1,5	56,2	0,8
7	Москвич	48,3	34,2	30,7	28,4	26,7	1,7	47,5	1,1
8	Граф	54,6	23,8	26,5	25,7	28,2	1,6	53,6	0,9
9	Корона	52,8	18,6	21,7	28,8	16,2	1,3	55,2	0,5
10	Лауреат	59,6	20,4	25,3	36,1	27,3	1,9	50,6	1,0

сти на всех изучаемых сортах пшеницы имеет широкое распространение «черный зародыш» и его основными возбудителями являются *A. tenuis* Ness et Fr.; *C. herbarum* Fris.

В течение последних лет проводили фитосанитарный мониторинг по выявлению фитопатоконплекса на экспериментальных посевах озимой пшеницы. В результате проведенных наблюдений отмечено 28 возбудителей болезней грибного и бактериального происхождения. Ежегодное распространение имеют 7 возбудителей болезней, а прогрессирующих – 2

вида. Объяснением этому является агрессивность штамма возбудителя *P. tritici-repentis*.

Другим прогрессирующим заболеванием озимой пшеницы в фенофазу молочно-восковой спелости зерна является «черный зародыш». Вероятность массового заражения связана с большой концентрацией спор *Alternarium spp.* как в воздухе, так и на поверхности почвы. Благоприятствующим фактором для активного заражения считается влажная погода из-за частых или морозящих дождей в период формирования зерна в колосе (см. рисунок).



Средневзвешенный процент пораженности прогрессирующими заболеваниями изучаемых сортов озимой пшеницы (степная зона Кабардино-Балкарской Республики, 2019–2021 гг.)

Weighted average percentage of progressive diseases of the studied winter wheat varieties (steppe zone of the Kabardino-Balkar Republic, 2019–2021)

ВЫВОДЫ

1. Изучаемые сорта озимой пшеницы выносливы к следующим заболеваниям: *S. tritici*, *E. graminis*, *P. striiformis*, *P. recondite*, *T. caries*, *Fusarium spp.*, за исключением возбудителей *P. tritici-repentis*, *A. tenuis*.

2. Идентификация фитопатогенов в начале их проявления способствует своевременному выявлению и проведению эффективных защитных мероприятий в борьбе с прогрессирующими заболеваниями озимой пшеницы.

3. Фитосанитарный мониторинг за патокм-плексом способствовал выявлению 28 возбудителей болезней. Из них ежегодно имеющих распространение – 7, а прогрессирующих – 2 вида (пиренофороз и черный зародыш).

4. Относительно устойчивых к возбудителям пиренофороза и черного зародыша сортов озимой пшеницы не выявлено.

5. Научная новизна исследований заключается в том, что впервые в условиях засушливой степной зоны Кабардино-Балкарской Республики проведено исследование по сравнительной оценке устойчивости растений озимой пшеницы к патокм-плексу. Это позволило изучить степень устойчивости к прогрессирующим заболеваниям на новых и перспективных сортах озимой пшеницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малкандуев Х.А., Базгиев М.А., Бадургова К.Ш., Малкандуева А.Х., Шамурзаев Р.И., Шабатукоев А.Х., Газева Р.А. Технология возделывания озимых зерновых культур: монография. Нальчик: Издательство КБНЦ РАН. 2020. С. 19–36.
2. Пригге Г., Герхард М., Хабермайер И. Грибные болезни зерновых культур: монография. Лимбургерхоф, 2004. С. 15–71.
3. Пидопличко Н.М. Грибы и паразиты культурных растений: монография. Определитель. Грибы несовершенные. Киев. 1977. Т. 2. С. 89–94.
4. Прескотт Дж.М., Бурнетт П.А., Сари Е.Е., Рансом Дж., Боуман Дж., В. Де Миллиано, Сингх Дж., Бекеле Г. Болезни и вредители пшеницы (руководство для полевого определения): монография. Алматы. 2002. С. 26–29.
5. Шабатукоев А.Х., Шамурзаев Р.И., Хромова Л.М. Борьба с болезнями озимой пше-

ницы в Кабардино-Балкарии // Защита и карантин растений. 2019. № 11. С. 24–28.

6. Чумаков А.И., Захарова Т.И. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур: монография. М.: Агропромиздат. 1990. С. 18–21.
7. Ещенко В.Е., Трифонова М.Ф., Копытко П.Г., Соловьев А.М., Фирсов И.П., Шевченко В.А. Основы опытного дела в растениеводстве: монография. М.: КолосС, 2009. С. 106–109.
8. Говоров Д.Н., Живых А.В., Щетинин П.Б. Демонстрационные опыты – наглядный способ сравнения пестицидов // Защита и карантин растений. 2017. № 8. С. 40–41.
9. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю., Цыпышева М.Ю. Защита зерновых культур от болезней: монография. Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2017. 172 с.
10. Отамбекова М.Г., Солихов Б.Т. Селекция пшеницы на устойчивость к ржавчине в Таджикистане // Защита и карантин растений. 2017. № 5. С. 40–41.
11. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И., Кунгурцева О.В. Фунгициды для защиты вегетирующих зерновых колосовых культур // Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2022. № 2. С. 38–56.
12. Иванов А.Л., Молчанов Э.Н., Маремуков А.А., Сохроков А.Х., Орлова В.Н., Чочаев М.М., Кумахов В.И., Тарчоков Х.Ш., Хачетлов Р.М., Бижоева Т.П., Бесланев С.М., Хромова Л.М., Матаева О.Х., Соттаев К.С., Малкандуев Х.А., Малкандуева А.Х., Азубеков Л.Х., Энеев М.Д., Кулихабиев А.З., Сокурова Л.Х., Жиругов Р.Т., Абазов А.Х., Абидов Х.К., Бугов Р.Р., Хуранов М.М., Чекмарев П.А., Хуитов Ю.Б., Езаев А.К., Азаматов М.А., Ерижеев К.А., Дадов М.А., Бербекова Н.В., Кулихов А.С., Аишотов А.М., Каскулов М.Х. Особенности адаптивно-ландшафтной системы земледелия Кабардино-Балкарской Республики: монография. Нальчик: Полиграфсервис и Т, 2013. С. 17–53.

REFERENCES

1. Malkanduyev Kh.A., Bazgiyev M.A., Badurgova K.Sh., Malkandueva A.Kh., Shamurzaev R.I., Shabatukov A.Kh., Gazheva R.A. Technology of cultivation of winter grain crops. Nal'chik, Publishing House of KBNTs RAS, 2020, pp. 19–36. (In Russian).

2. Prigge G., Gerkhard M., Khabermaier I. *Fungal diseases of grain crops*. Limburgerhof, 2004, pp. 15–71. (In Russian).
3. Pidoplichko N.M. *Fungi and parasites of cultivated plants: a monograph. An identifier. Fungi imperfecta*. Kiev, 1977, vol. 2. pp. 89–94. (In Russian).
4. Preskott Dzh.M., Burnett P.A., Sari E.E., Ransom Dzh., Bouman Dzh., V. De Milliano, Singh Dzh., Bekele G. *Wheat diseases and pests (field definition guide)*. Almaty, 2002, pp. 26–29. (In Russian).
5. Shabatukov A.Kh., Shamurzayev R.I., Khromova L.M. Control of winter wheat diseases in Kabardino-Balkaria. *Zashchita i karantin rasteniy = Plant protection and quarantine*, 2019, no. 11, pp. 24–28. (In Russian).
6. Chumakov A.I., Zakharova T.I. *Harmfulness of diseases of agricultural crops*, Moscow, Agropromizdat, 1990. pp. 18–21. (In Russian).
7. Eshchenko V.E., Trifonova M.F., Kopytko P.G., Solov'ev A.M., Firsov I.P., Shevchenko V.A. *Fundamentals of experimental work in crop production*. 2009, Moscow, KolosS Publ., pp. 106–109. (In Russian).
8. Govorov D.N., Zhivykh A.V., Shchetinin P.B. Demonstration experiments – a visual way of comparing pesticides. *Zashchita i karantin rasteniy = Plant protection and quarantine*, 2017, no. 8, pp. 40–41. (In Russian).
9. Kekalo A.Yu., Nemchenko V.V., Zargaryan N.Yu., Tsypysheva M.Yu. *Protection of grain crops from diseases*. Kurtamysh, OOO «Kurtamyshskaya tipografiya», 2017, 172 p. (In Russian).
10. Otambekova M.G., Solikhov B.T. Wheat breeding for rust resistance in Tajikistan // *Plant Protection and Quarantine. Zashchita i karantin rasteniy = Plant protection and quarantine*, 2017, no. 5, pp. 40–41. (In Russian).
11. Grischechkina L.D., Dolzhenko V.I., Kungurtseva O.V. Fungicides for the protection of vegetative grain crops. *Prilozheniye k zhurnalu Zashchita i karantin rasteniy = Supplement to the journal Plant Protection and Quarantine*, 2022, no. 2, pp. 38–56. (In Russian).
12. Ivanov A.L., Molchanov E.N., Maremuikov A.A., Sohrokov A.H., Orlov V.N., Chochaev M.M., Kumakhov V.I., Tarchokov H.Sh., Khachetlov R.M., Bizhoeva T.P., Beslaneev S.M., Khromova L.M., Matayeva O.H., Sottaev K.S., Malkanduev Kh.A., Malkandueva A.Kh., Azubekov L.Kh., Eneev M.D., Kushkhabiev A.Z., Sokurova L.Kh., Zhirugov R.T., Abazov A.Kh., Abidov Kh.K., Bugov R.R., Khuranov M.M., Chekmarev P.A., Khushotov Yu.B., Ezaov A.K., Azamatov M.A., Erizhev K.A., Dadov M.A., Berbekova N.V., Coshov A.S., Ashkhotov A.M., Kaskulov M.Kh. *Peculiarities of the adaptive-landscape system of agriculture in the Kabardino-Balkar Republic*. Nal'chik, Polygraphservice and T. Publ., 2013, pp. 17–53. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Шабатуков А.Х., научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 360004, Нальчик, ул. Кирова, 224; e-mail: kbniish2007@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ Anzor Kh. Shabatukov, Researcher;
address: 224, Kirova St., Nalchik, 360004, Russia; e-mail: kbniish2007@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 25.03.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 17.05.2022
Дата публикации / Published 25.07.2022



ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ СКОРЛУПЫ КЕДРОВОГО ОРЕХА НА ПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОДНЯКА ПЕРЕПЕЛОВ

Егоров С.В., Магер С.Н., (✉)Носенко Н.А., Итэсь Ю.В.

Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉)e-mail: sibnptij@ngs.ru

Представлены результаты использования для перепеловодства вторичного сырья растительного происхождения (скорлупы кедровых орехов) в качестве кормовой добавки. Приведен обзор изучения биологически активных веществ скорлупы ореха кедровой сосны сибирской (*Pinus sibirica*) и их влияния на организм животных. Исследования выполнены на цыплятах японских перепелов до 80-дневного возраста в условиях перепелиной фермы. В суточном возрасте сформированы три группы цыплят по 40 гол. в каждой. Контрольная группа получила основной рацион (ОР), 1-я опытная – 99,05% ОР + 0,05% порошка скорлупы кедрового ореха, 2-я опытная – 99,9% ОР + 0,1% порошка скорлупы кедрового ореха. Установлено, что лучшие результаты получены при включении кормовой добавки в рацион в количестве 0,1% от состава: повышение абсолютного прироста живой массы на 10,44%, сохранности на 7,5%, снижение потребления корма на 12,2 %. Контрольный убой петушков 2-й опытной группы в конце исследований подтвердил положительное влияние добавки – повышение предубойной живой массы на 7,98%, убойного выхода – на 3,01% по сравнению с контрольной группой. Химический состав мяса петушков 2-й опытной группы отличался от контроля повышением сухого вещества на 4,28%, сырого жира на 3,86%, снижением сырой золы на 0,33%. Аминокислотный состав был более полноценным по содержанию лизина, аргинина, аланина, аспарагина, глутамина и по сумме незаменимых и заменимых аминокислот в отличие от контрольной группы, что свидетельствует об улучшении качества мяса опытных перепелов.

Ключевые слова: молодняк перепелов, биологически активные вещества, скорлупа кедрового ореха, интенсивность роста, потребление корма, сохранность, качество мяса

EFFECT OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF PINE NUT SHELLS ON PRODUCTIVE INDICATORS OF YOUNG QUAILS

Egorov S.V., Mager S.N., (✉)Nosenko N.A., Ites Yu.V.

Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

(✉)e-mail: sibnptij@ngs.ru

The results of the use of secondary raw materials of plant origin (pine nutshells) as a feed additive for quail breeding are presented. A review of the study of biologically active substances of Siberian pine nut shells (*Pinus sibirica*) and their effects on the body of animals is given. The studies were performed on Japanese quail chicks up to the age of 80 days in the conditions of a quail farm. At one day of age, three groups of chickens were formed with 40 animals in each group. The control group received the basic diet (BD), the 1st experimental group - 99.05% BD + 0.05% powder of pine nutshells, the 2nd experimental group - 99.9% BD + 0.1% powder of pine nutshells. It was

found that the best results were obtained when including 0,1% of the feed additive into the basic diet: 10,44% increase in the absolute live weight gain, 7,5% increase in safety, 12,2% decrease in feed consumption. The control slaughter of the 2nd experimental group cockerels at the end of the studies confirmed the positive effect of the additive - increasing the pre-slaughter live weight by 7.98%, the slaughter yield - by 3.01% compared with the control group. The chemical composition of meat of the 2nd experimental group differed from the control by an increase in the dry matter by 4.28%, crude fat by 3.86%, a decrease in crude ash by 0.33%. The amino acid composition was more complete in the content of lysine, arginine, alanine, asparagine, glutamine and the amount of essential and substitutable amino acids compared with the control group, indicating improved meat quality of the experimental quails.

Keywords: young quails, biologically active substances, pine nut shell, growth intensity, feed consumption, safety, meat quality

Для цитирования: Егоров С.В., Магер С.Н., Носенко Н.А., Итэсь Ю.В. Влияние биологически активных веществ скорлупы кедрового ореха на продуктивные показатели молодняка перепелов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 52–60. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-6>. EDN OANTCQ.

For citation: Egorov S.V., Mager S.N., Nosenko N.A., Ites Yu.V. Effect of biologically active substances of pine nut shells on productive indicators of young quails. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 52–60. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-6>. EDN OANTCQ.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во многих странах отмечена положительная динамика роста такой отрасли птицеводства, как перепеловодство. Перепела имеют комплекс отличительных хозяйственно-продуктивных преимуществ по сравнению с другими сельскохозяйственными птицами – высокая температура тела, интенсивный обмен веществ в организме, небольшие размеры, скороспелость, высокая яичная продуктивность. Поиск новых биологически активных кормовых добавок необходим для реализации их продуктивного потенциала.

Из вторичного сырья растительного происхождения при переработке можно получать огромное количество органических веществ, в состав которых входят биологически активные ингредиенты. В настоящее время активизировались работы по использованию биологически активных компонентов, полученных из древесного сырья, в качестве кормовых добавок в рационы животных [1–3].

Решение проблем комплексной переработки растительной биомассы в ценные продукты пищевого и технического назначения

особенно актуальны для Сибирского региона, на территории которого сосредоточено до 60% мировых запасов кедровой сосны и до 80% мировых запасов кедровой сосны сибирской [4].

Целебные свойства кедрового сырья известны очень давно. В качестве лекарственного сырья используют практически все части растения – хвою, молодые побеги, кору, живицу. Большой интерес представляет скорлупа кедровых орехов (СКО).

Первым исследователем химического состава скорлупы кедрового ореха (Pinus sibirica), распространенного в Томской губернии, был С.М. Кочергин [5]. Позднее химический состав СКО изучался более детально [6].

Компоненты СКО, относящиеся к несахароподобным полисахаридам, обладают пребиотическим [7], антиоксидантным [8], противоопухолевым [9] действием, гепатопротекторной активностью [10]. Следует учесть, что состав полисахаридов растительной клетки не постоянен и их антиоксидантные свойства зависят от соотношения различных моносахаридов в композиции. Полисахариды с молекулярной массой 4000–100 000 имеют более высокую антиок-

сидантную активность [11]. СКО содержит широкий спектр фенольных соединений, имеющих важные биологические свойства. Они включают фенольные кислоты, флавоноиды, танины, фенольные лигнаны и производные стильбена [12].

При изучении фенольного состава СКО выделены следующие компоненты: протокатехиновая кислота, катехин, эпикатехин, ванилиновая кислота, сириговая кислота, таксифолин, эриодиктиол, транс-коричная кислота, нарингенин, эриодиктиол, флаван-3-ол, изолярицирезинол, ларицирезинол и секоизолярицирезинол, галловая и эллаговая кислоты (структурные единицы гидролизированных танинов) [13]. Самые высокие значения антиоксидантной способности связаны с большим количеством фенолов и/или эллаговой кислоты [14]. Флавоноиды (полифенолы), выделенные из СКО, показывают высокую антиоксидантную [15] и противовоспалительную [16] активность. Основными полифенолами скорлупы семян являются танины, обладающие способностью изменять коллоидное состояние белков в желудочно-кишечном тракте. Они оказывают вяжущее, противомикробное, противовоспалительное действие [17].

Эфирные масла СКО обладают широким спектром антимикробного действия, не проявляют аллергенную активность. Доминирующими компонентами эфирного масла скорлупы семян сосны сибирской считаются: гексаналь, α -пинен, пентилфуран, пальмитиновая кислота, нонаналь, борнеол, миртенол¹.

Углеводно-минеральный комплекс из СКО оказывает положительное влияние на организм животных [18]. Из макроэлементов в экстрактах скорлупы кедрового ореха больше всего содержится K, Cl, Mg, P, из микроэлементов – Zn, Mn и Fe [19]. Из скорлупы кедрового ореха выделены незаменимые аминокислоты, каротиноиды, небольшой уровень витаминов C, E и группы B².

В доступных литературных источниках информации по применению СКО в рационах перепелов не обнаружено.

Цель исследований – определить оптимальную норму ввода измельченной скорлупы кедрового ореха в состав комбикорма для молодняка перепелов с последующим мониторингом их продуктивных показателей.

Задачи исследований – определить влияние различных доз измельченной скорлупы кедрового ореха на сохранность, прирост живой массы и затраты корма молодняка перепелов, исследовать биохимические показатели крови и мяса (фарша), оценить качество мясной продукции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Научно-хозяйственный опыт проводили с августа по октябрь 2020 г. на перепелах японской породы в физиологическом дворе Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук (СибНИПТИЖ СФНЦА РАН).

Для изучения поставленной задачи в суточном возрасте были сформированы три группы японских перепелов по 40 гол. в каждой с учетом требований общепринятых методик. Птицу содержали в клеточных батареях конструкции Опытного проектно-конструкторско-технологического бюро СибНИПТИЖа. Условия содержания и кормления соответствовали зоотехническим рекомендациям.

Цыплята контрольной группы получали основной рацион (ОР), молодняку 1-й и 2-й опытных групп в рацион включали муку из скорлупы кедрового ореха, измельченную до 1 мм, в количестве 0,05 и 0,1% от его состава. Ежедневно проводили учет расхода комбикорма с постоянным наблюдением за состоянием здоровья перепелов. Контроль-

¹Шуреторова В.Г. Состав эфирных масел шелухи шишек и скорлупы семян *Pinus Sibirica* Du Tour и *Pinus Koraiensis* L. // Сборник трудов. Материалы VI Всероссийской конференции с международным участием, Барнаул, 22–24 апреля 2014 г.: Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья. Барнаул, Издательство Алтайский государственный университет. 2014. С. 217–218.

²Патент (RU) № 2667781 А 23 L 33/10, А 23 K 10/30, А 61 K 36/15, А 61 K 8/97. Биологически активная добавка из кедровой скорлупы и способ ее получения / А.М. Леончиков, С.М. Ермаков, заявл. 2017.06.26, опублик. 2018.09.24, Бюл. № 18.

ные взвешивания перепелов проводили индивидуально при постановке на опыт в однодневном возрасте, затем – в 30-, 60- и 80-дневном возрасте с точностью до 1 г. В возрасте 80 дней проведен убой петушков перепелов по 3 гол. из каждой группы. Взяты пробы для изучения биохимического состава крови и мышечной ткани; исследования проводили в лаборатории биохимии СибНИПТИЖа СФНЦА РАН и Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (ИЭВСиДВ СФНЦА РАН) по общепринятым методикам. Перед убоем в течение 8 ч птицу выдерживали без корма, но при свободном доступе к воде, затем индивидуально взвешивали. Убой проводили декапитацией. При анатомической разделке соблюдали необходимые санитарно-гигиенические правила. Каждую тушку взвешивали отдельно. Все разделанные части взвешивали с точностью до 1 г. Полученные в опыте данные обработаны методом вариационной статистики с помощью программы Microsoft Office 2007 (Excel).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рецептура комбикорма для основного рациона (ОР) для перепелов была разработана в соответствии с возрастными потребностями (см. табл. 1) из имеющихся компонентов.

В начале опыта до 7-дневного возраста потребление корма цыплятами во всех

группах отмечено на одном уровне, затем наиболее эффективным использованием корма отличались перепелята, получавшие СКО. В результате в 1-й и 2-й опытных группах расход корма снизился в среднем на 1 гол. соответственно на 5,75 и 12,28% (см. табл. 2), однако на энергию роста отрицательного влияния выявлено не было, и прирост живой массы за учетный период у них был выше контроля соответственно на 8,04 и 10,44%.

Добавка СКО положительно повлияла на повышение сохранности опытных групп перепелят. В контрольной группе в течение первого месяца исследований от поставленных на опыт цыплят пало 15,5%, за второй месяц – 5,0%. В итоге лучшая сохранность отмечена в обеих опытных группах – 87,5%, что выше контрольной группы на 7,5% (см. табл. 3).

Контрольный убой провели в 80-дневном возрасте петушков перепелов. Перед забоем отбирались петушки со средними групповыми показателями. Более высокую живую массу перед забоем имели петушки 1-й и 2-й опытных групп, разница по сравнению с контролем соответственно составила 7,5 и 8,0% ($p < 0,001$). Лучший показатель убойного выхода 78,27% был получен во 2-й опытной группе (см. табл. 4).

На массу печени добавка СКО отрицательного влияния не оказала, а масса сердца отмечена достоверно выше у петушков 2-й опытной группы на 14,86% ($p < 0,01$) по сравнению с контролем.

Общий зооанализ показал снижение уровня влаги в мясе (фарше) петушков 2-й опытной группы на 4,28% ($P > 0,999$) и повышение сухого вещества по сравнению с контрольной группой на 4,28% (см. табл. 5). Мясо цыплят 2-й опытной группы отличалось от интактных петушков увеличением уровня сырого жира на 3,86% ($P > 0,999$) и снижением зольных элементов на 0,33% ($P > 0,95$). На уровень минеральных веществ, в частности, кальция и фосфора добавление СКО не оказало влияния.

Аминокислотный состав мяса также имел различия между группами. В пробах мяса от перепелов 1-й опытной группы в сухом ве-

Табл. 1. Структура комбикормов для перепелов, %

Table 1. The structure of feed for quails, %

Компонент	Возраст, дни	
	0–30	старше 31
Пшеница	57	54
Соя экстрадированная	10	10
Жмых подсолнечный	10	10
Мясо-костная мука	5	10
Рыбная мука	5	–
Дрожжи кормовые	5	5
Мел	3	3
Минералкальцийфосфат	4	4
Премикс	1	1
Ракушка	–	3

Табл. 2. Показатели интенсивности роста, расхода корма на прирост цыплят перепелов за период выращивания, в среднем на 1 гол.**Table 2.** Indicators of the growth intensity, feed consumption for the growth of quail chickens during the growing period, on average per 1 head

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Живая масса, г:			
в начале опыта	7,59 ± 0,12	8,66 ± 0,09	8,66 ± 0,09
в 30 дней	70,29 ± 1,57	76,86 ± 1,06**	79,80 ± 1,03**
в 60 дней	168,08 ± 2,38	182,13 ± 2,30**	185,9 ± 2,60***
Прирост живой массы за период, г:			
1–30 дней	62,70 ± 1,55	68,20 ± 0,99	71,14 ± 0,74*
31–60 дней	97,79	105,20	106,11
1–60 дней	160,49 ± 2,26	173,40 ± 2,15***	177,25 ± 2,49***
Потреблено корма за период, кг:			
1–30 дней	0,437	0,408	0,385
31–60 дней	0,938	0,888	0,822
За весь период	1,375	1,296	1,207*
Затраты корма на 1 г прироста за весь период, г	8,57	7,47*	6,81*
Среднесуточный прирост живой массы за весь период, г	2,67 ± 0,06	2,89 ± 0,05	2,95 ± 0,07

Примечание. Здесь и в табл. 4–7. Разница достоверна: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Табл. 3. Показатели сохранности перепелов в период выращивания**Table 3.** Quail safety indicators during the growing period

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Количество в начале опыта, гол.:	40	40	40
в 30 дней, гол.	34	36	36
в 60 дней, гол.	32	35	35
Сохранность, % за 1–30 дней:	85,00	90,00	90,00
за 31–60 дней	95,00	97,22	97,22
за весь период	80,0	87,50	87,50

Табл. 4. Результаты контрольного убоя подопытных петушков в 80-дневном возрасте, в среднем на 1 гол.**Table 4.** The results of the control slaughter of experimental cockerels at 80 days of age, on average per 1 head.

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Предубойная живая масса, г	169,0 ± 0,27	181,6 ± 0,39***	182,49 ± 0,5***
Процент от контрольной группы	100,00	107,46	107,98
Масса потрошенной тушки, г	127,67 ± 0,82	138,17 ± 0,32	142,83 ± 0,99
Масса печени, г	4,3 ± 0,16	4,21 ± 0,20	4,32 ± 0,18
Масса сердца, г	1,48 ± 0,01	1,56 ± 0,05	1,7 ± 0,04**
Убойный выход	75,54 ± 0,61	76,08 ± 0,35	78,27 ± 0,55

Табл. 5. Химический состав мяса (фарша) петушков перепелов, %**Table 5.** Chemical composition of meat (minced meat) of quail males, %

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Влажность	66,14 ± 0,62	66,85 ± 0,60	61,86 ± 0,36***
Сухое вещество	33,86 ± 0,62	33,15 ± 0,60	38,14 ± 0,36***
Сырой протеин	21,03 ± 0,23	19,9 ± 0,19***	21,79 ± 0,23
Сырой жир	10,82 ± 0,54	11,39 ± 0,62	14,68 ± 0,61***
Сырая зола	2,01 ± 0,04	1,86 ± 0,18	1,68 ± 0,13*
Кальций	1,519 ± 0,056	1,443 ± 0,047	1,457 ± 0,023
Фосфор	0,457 ± 0,024	0,447 ± 0,034	0,467 ± 0,021

ществе отмечено снижение сырого протеина на 5,4% ($P > 0,999$) по сравнению с контролем и на 8,7% ($P > 0,999$) по сравнению со 2-й опытной группой, сопровождаемое снижением уровня всех незаменимых и большинства заменимых аминокислот по сравнению с интактной птицей (см. табл. 6). Это свидетельствует о снижении качественного показателя продукта. В пробах 2-й опытной группы количество незаменимых аминокислот (лизина, метионина, триптофана) и заменимых аминокислот (аланина, аспарагина, глутамина) достоверно превышает контроль,

следовательно, мясо перепелов этой опытной группы имеет более полноценный состав.

Анализ ряда биохимических данных сыворотки крови позволил заключить, что, несмотря на различия показателей между группами, в основном они находятся в пределах референтных значений (см. табл. 7), следовательно, отрицательного влияния добавки СКО на кровь не выявлено.

Проведенные исследования позволили впервые определить оптимальную норму ввода измельченной скорлупы кедрового ореха в состав рациона перепелов при выращивании.

Табл. 6. Аминокислотный состав мяса (фарша) петушков перепелов

Table 6. Amino acid composition of meat (minced meat) of quail cockerels

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
<i>Незаменимые аминокислоты</i>			
Лизин	1,380 ± 0,049	1,210 ± 0,014**	1,530 ± 0,035*
Метионин	0,360 ± 0,012	0,253 ± 0,012***	0,267 ± 0,020***
Триптофан	0,217 ± 0,011	0,143 ± 0,011***	0,230 ± 0,035
Аргинин	1,150 ± 0,044	1,020 ± 0,007**	1,323 ± 0,034**
Гистидин	0,393 ± 0,019	0,333 ± 0,003**	0,407 ± 0,003
Лейцин, изолейцин	2,017 ± 0,068	1,790 ± 0,007**	2,073 ± 0,020
Треонин	0,703 ± 0,022	0,590 ± 0,005***	0,710 ± 0,009
Фенилаланин	0,767 ± 0,031	0,667 ± 0,009**	0,847 ± 0,024
Валин	0,617 ± 0,024	0,540 ± 0,003**	0,610 ± 0,021
Сумма незаменимых аминокислот	7,604	6,546	7,997
<i>Заменимые аминокислоты</i>			
Аланин	1,200 ± 0,028	0,987 ± 0,011***	1,313 ± 0,033*
Серин	0,723 ± 0,020	0,553 ± 0,014***	0,727 ± 0,019
Аспарагин	1,850 ± 0,024	1,677 ± 0,70*	2,283 ± 0,128**
Глутамин	2,950 ± 0,031	2,760 ± 0,098	3,413 ± 0,173*
Цистин	0,507 ± 0,018	0,390 ± 0,024***	0,577 ± 0,051
Тирозин	0,613 ± 0,027	0,560 ± 0,042	0,557 ± 0,018
Пролин	0,787 ± 0,008	0,660 ± 0,005***	0,757 ± 0,013
Сумма заменимых аминокислот	8,630	7,587	9,617

Табл. 7. Биохимические показатели сыворотки крови петушков перепелов

Table 7. Biochemical parameters of blood serum of quail cockerels

Показатель	Единица измерения	Группа		
		контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Общий белок	г/л	52,81 ± 0,01	48,21 ± 0,93***	51,38 ± 1,04
Альбумины	г/л	24,98 ± 1,48	25,09 ± 1,01	19,86 ± 0,69**
Глобулины	г/л	27,66 ± 1,40	22,70 ± 1,95*	31,53 ± 0,82*
Креатинин	м/моль	42,07 ± 0,40	39,50 ± 1,48	40,85 ± 0,76
АСТ	ед/л	235,8 ± 0,04	270,37 ± 12,82*	208,10 ± 2,80***
АЛТ	ед/л	8,29 ± 0,36	7,04 ± 0,43*	8,55 ± 0,81
ЩФ	ед/л	260,73 ± 19,00	179,43 ± 7,68***	281,73 ± 53,94
Кальций	м. моль/л	2,98 ± 0,12	2,82 ± 0,09	3,06 ± 0,02
Фосфор	м. моль/л	1,36 ± 0,01	2,48 ± 0,16***	2,07 ± 0,03***

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Включение в рацион 2-й опытной группы СКО *Pinus sibirica* в количестве 0,1% от массы комбикорма оказало положительное влияние на зоотехнические показатели продуктивности молодняка перепелов по сравнению с контрольной группой:

– в период выращивания цыплят сохранность повысилась на 7,5%, интенсивность роста – на 10,44%, при снижении затрат корма – на 12,22%;

– увеличение убойного выхода тушки на 2,73%, улучшение качественных показателей мяса (фарша) – повышение уровня незаменимых аминокислот;

– отрицательного влияния на изучаемые показатели жизнедеятельности молодняка перепелов не выявлено.

После проведения производственной проверки возможна вероятность для рекомендации по включению в рацион молодняка перепелов изученной биологически активной, стимулирующей биодобавки – измельченной до 1 мм скорлупы кедрового ореха в количестве 0,1% от массы комбикорма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терещенко В.А., Любимова Ю.Г., Иванова Е.А., Иванов О.В. Древесные биологически активные компоненты в кормлении коров // Пермский аграрный вестник. 2020. № 4 (32). С. 118–125. DOI: 10.47737/2307-2873_2020_32.
2. Ramay M.S., Yalçın S. Effects of supplemental pine needles powder (*Pinus brutia*) on growth performance, breast meat composition, and antioxidant status in broilers fed linseed oil-based diets // Poultry Science. 2020. Vol. 99. Is. 1. P. 479–486. DOI: 10.3382/ps/pez542.
3. Цой З.В., Васильева Н.В., Никулин Ю.П., Никулина О.А. Динамика живой массы молодняка кур при применении кормовых добавок местного происхождения // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (88). С. 287–290. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-287-290.
4. Ефремов А.А. Перспективы малотоннажной переработки кедровых орехов в продукты пищевого и технического назначения // Химия растительного сырья. 1998. № 3. С. 83–86. EDN HYSSIT.
5. Кочергин С.М. Кедровые орехи. Материалы по исследованию сельского и лесного хозяйства Томской губернии № 5: монография / Томск: Типография губернского управления, 1909, 92 с. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000492800>.
6. Лус Е.В., Рубчевская Л.П. Химический состав семян сосны сибирской // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2010. № 6. С. 167–169. EDN MUWTWJ.
7. de Freitas C., Carmona E., Brienzo M. Xylooligosaccharides production process from lignocellulosic biomass and bioactive effects // Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 2019. N 18. P. 100184. DOI:10.1016/j.bcdf.2019.100184.
8. Xu R.-B., Yang X., Wang J., Zhao H.-T., Lu W.-H., Cui J., Cheng C.-L., Zou P., Huang W.-W., Wang P., Li W.-J., Hu X.-L. Chemical composition and antioxidant activities of three polysaccharide fractions from pine cones // International Journal of Molecular Sciences. 2012. Vol. 13. Is. 11. P. 14262–14277. DOI:10.3390/ijms131114262.
9. Lv Y.J., Wang S.X., Peng F., Li H.Z., Liu G.M. Studies on effective compositions of pine cone VI. Antitumor activity of fractions from pine cone and pine nut shell of *Pinus koraiensis* Sieb et Zucc and *P. tabulaeformis* Carr // Journal of Dali University. 2008. Vol. 7. Is. 2. P. 1–2. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2345.2008.02.002.
10. Qu H., Gao X., Zhao H.T., Wang Z.Y., Yi J.J. Structural characterization and in vitro hepatoprotective activity of polysaccharide from pine nut (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) // Carbohydrate Polymers. 2019, N 223. P. 115056 DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115056 PMID: 31427004.
11. Li Z., Nie K., Wang Z., Luo D. Quantitative Structure Activity Relationship Models for the Antioxidant Activity of Polysaccharides // PLoS ONE. 2016. Vol. 11. Is. 9: P. 0163536. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163536>.
12. Bodoira R., Maestri D. Phenolic Compounds from Nuts: Extraction, Chemical Profiles, and Bioactivity. Review // Journal Agricultural Food Chem. 2020. Vol. 68. Is. 4. P. 927–942. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b07160.
13. Shikov A.N., Pozharitskaya O.N., Laakso I., Dorman H.J.D., Makarov V.G., Tikhonov V.P., Hiltunen R. Thiolytic-HPLC characterization of the phenolic composition of nut shells of *Pinus sibirica* (Du Tour) Rupr // Planta Medica.

2006. Vol. 72. Is. 11. P. 974. DOI: 10.1055/s-2006-949766.
14. Abe L.T., Lajolo F.M., Genovese M.I. Comparison of phenol content and antioxidant capacity of nuts // *Food Scientific Technology*. 2010. Vol. 30, Suppl. 1. DOI: 0.1590/S0101-20612010000500038.
 15. Qun F., Bin K., Lu L., Lei L., Mengli W. Extraction technology of flavonoids from pine shell and its antioxidant activity // *Journal of Beijing Forestry University*. 2020. Vol. 42. Is/ 8. P. 141–149. DOI: 10.12171/j.1000-1522.20190452.
 16. Hassan Z.M., Manyelo T.G., Selaledi L., Mabelebele M. The effects of tannins in monogastric animals with special reference to alternative feed ingredients // *Molecules*. 2020. Vol. 25. P. 4680. DOI: 10.3390/molecules25204680.
 17. Гуков Г.В., Костырина Т.В., Розломий Н.Г., Лу М.А. Комплексное использование лекарственных свойств шишек сосны корейской (*Pinus Koraiensis* Siebold et Zucc) в народной медицине // *Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы*. 2016. № 4. С. 5–9. URL: <https://journal-nutrition.ru/ru/article/view?id=35769>.
 18. Babich O., Prosekov A., Noskova S., Sukhikh S., Dyshlyuk L., Ivanova S., Pavsky V. In vivo study of the potential of the carbohydrate-mineral complex from pine nut shells as an ingredient of functional food products // *Bioactive carbohydrates and dietary fibre*. 2019. N 18. P. 100185, DOI: 10.1016/j.bcdf.2019.100185.
 19. Иванова О.В., Любимова Ю.Г., Терещенко В.А., Иванов Е.А. Изучение элементного состава водных экстрактов хвойных растений Сибири // *Химия растительного сырья*. 2021. № 3. С. 181–190. DOI: 10.14258/jcpim.2021038714.
 20. 2006. Vol. 72. Is. 11. P. 974. DOI: 10.1055/s-2006-949766.
 3. Tsoi Z.V., Vasil'eva N.V., Nikulin YU.P., Nikulina O.A. Dynamics of live weight of young chickens when using feed additives of local origin. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2021, no. 2. (88), pp. 287–290. (In Russian). DOI: 10.37670 / 2073-0853-2021-88-2-287-290.
 4. Efremov A.A. Prospects of low-tonnage processing of pine nuts into food and technical products. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of plant raw material*, 1998, no 3, pp. 83–86. (In Russian). EDN HYSSIT.
 5. Kochergin S.M. *Pine nuts. Materials on the study of agriculture and forestry of the Tomsk province*. no. 5. Tomsk, Printing house of the provincial administration. 1909, 92 p. (In Russian). URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000492800>.
 6. Lis E.V., Rubchevskaya L.P. Chemical composition of Siberian pine seeds. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = The Bulletin of KrasGAU*, 2010, no. 6, pp. 167–169. (In Russian). EDN MUWWTJ.
 7. de Freitas C., Carmona E., Brienzo M. Xylooligosaccharides production process from lignocellulosic biomass and bioactive effects. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2019, no. 18, p. 100184. DOI:10.1016/j.bcdf.2019.100184.
 8. Xu R.-B., Yang X., Wang J., Zhao H.-T., Lu W.-H., Cui J., Cheng C.-L., Zou P., Huang W.-W., Wang P., Li W.-J., Hu X.-L. Chemical composition and antioxidant activities of three polysaccharide fractions from pine cones. *International Journal of Molecular Sciences*, 2012, vol. 13, is. 11, pp. 14262–14277. DOI: 10.3390/ijms131114262.
 9. Lv Y.J., Wang S.X., Peng F., Li H.Z., Liu G.M. Studies on effective compositions of pine cone VI. Antitumor activity of fractions from pine cone and pine nut shell of *Pinus koraiensis* Sieb et Zucc and *P. tabulaeformis* Carr. *Journal of Dali University*, 2008, vol. 7, is. 2, pp. 1–2. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2345.2008.02.002.
 10. Qu H., Gao X., Zhao H.T., Wang Z.Y., Yi J.J. Structural characterization and in vitro hepatoprotective activity of polysaccharide from pine nut (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc). *Carbohydrate Polymers*, 2019, no. 223, pp. 115056 DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.115056 PMID: 31427004.

REFERENCES

1. Tereshchenko V.A., Lyubimova YU.G., Ivanova E.A., Ivanov O.V. Wood biologically active components in cows feeding. *Permskii agrarnyi vestnik = Perm Agrarian journal*, 2020, no. 4 (32), pp. 118–125. (In Russian). DOI: 10.47737/2307-2873_2020_32.
2. Ramay M.S., Yalçın S. Effects of supplemental pine needles powder (*Pinus brutia*) on growth performance, breast meat composition, and antioxidant status in broilers fed linseed oil-based diets // *Poultry Science*, 2020, vol. 99, is. 1. pp. 479–486. DOI: 10.3382/ps/pez542.

11. Li Z., Nie K., Wang Z., Luo D. Quantitative Structure Activity Relationship Models for the Antioxidant Activity of Polysaccharides. *ONE*, 2016, vol. 11, is. 9, p. 0163536. DOI: 10.1371/journal.pone.0163536.
12. Bodoira R., Maestri D. Phenolic Compounds from Nuts: Extraction, Chemical Profiles, and Bioactivity. Review. *Journal Agricultural Food Chemical*, 2020, vol. 68, is. 4, pp. 927–942. DOI: 10.1021/acs.jafc.9b07160.
13. Shikov A.N., Pozharitskaya O.N., Laakso I., Dorman H.J.D., Makarov V.G., Tikhonov V.P., Hiltunen R. Thiolytic-HPLC characterization of the phenolic composition of nut shells of *Pinus sibirica* (Du Tour) Rupr. *Planta Medica*, 2006, vol. 72, is. 11, p. 974. DOI: 10.1055/s-2006-949766.
14. Abe L.T., Lajolo F.M., Genovese M.I. Comparison of phenol content and antioxidant capacity of nuts. *Food Scientific Technology*, 2010, vol. 30, suppl 1. DOI: 10.1590/S0101-20612010000500038.
15. Qun F., Bin K., Lu L., Lei L., Mengli W. Extraction technology of flavonoids from pine shell and its antioxidant activity. *Journal of Beijing Forestry University*, 2020, vol. 42, is. 8, pp. 141–149. DOI: 10.12171/j.1000-1522.20190452.
16. Hassan Z.M., Manyelo T.G., Selaledi L., Mabelebele M. The effects of tannins in monogastric animals with special reference to alternative feed ingredients. *Molecules*, 2020, vol. 25, pp. 4680. DOI: 10.3390/molecules25204680.
17. Gukov G.V., Kostyrina T.V., Rozlomii N.G., Li M.A. The integrated use of medicinal properties of cones of Korean pine (*Pinus Koraiensis* Sibold et Zucc) in folk medicine. *Ratsional'noe pitanie, pishchevye dobavki i biostimulyatory* = *Balanced diet, nutritional supplements and biostimulants*, 2016, no 4, pp. 5–9. (In Russian). URL: <https://journal-nutrition.ru/ru/article/view?id=35769>.
18. Babich O., Prosekov A., Noskova S., Sukhikh S., Dyshlyuk L., Ivanova S., Pavsky V. In vivo study of the potential of the carbohydrate-mineral complex from pine nut shells as an ingredient of functional food products. *Bioactive carbohydrates and dietary fibre*, 2019, no. 18, pp. 100185. DOI: 10.1016/j.bcdf.2019.100185.
19. Ivanova O.V., Lyubimova Y.G., Tereshchenko V.A., Ivanov E.A. Study of the elemental composition of aqueous extracts of coniferous plants in Siberia *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* = *Chemistry of plant raw material*, 2021, no. 3, pp. 181–190. (In Russian). DOI: 10.14258/jcpim.2021038714.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Егоров С.В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Магер С.Н., доктор биологических наук, руководитель структурного подразделения СибНИПТИЖа СФНЦА РАН

✉ **Носенко Н.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463, СФНЦА РАН; e-mail: sibnptij@ngs.ru

Итэс Ю.В., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Sergey V. Egorov, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Sergey N. Mager, Doctor of Science in Biology, Business Unit Supervisor at Siberian Research Institute of Animal Husbandry SFSCA RAS

✉ **Natalia A. Nosenko**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sibnptij@ngs.ru

Yury V. Ites, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 29.12.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 05.04.2022
Дата публикации / Published 25.07.2022

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ МОЛОДНЯКА ОВЕЦ В УСЛОВИЯХ ЗАБАЙКАЛЬЯ

✉ Хамируев Т.Н., Базарон Б.З., Дашинимаев С.М.

Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири – филиал Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук Чита, Россия

✉ e-mail: tnik0979@mail.ru

Представлены результаты изучения адаптационных способностей молодняка овец в зависимости от происхождения и их взаимосвязи с продуктивностью. Температура, скорость движения и влажность воздуха при рождении ягнят (апрель) составили 4,7 °С, 4,2 м/с и 17,7%, в возрасте 6 мес (октябрь) – 1,0 °С ниже нуля, 4,9 м/с и 33,7% соответственно. Лучшие показатели по живой массе до 6-месячного возраста имеет полугрубошерстный молодняк агинской породы. Баранчики в возрасте 6 мес по средней живой массе имели преимущество над тонкорунными аналогами забайкальской породы на 3,7%, ярки на 6,3% ($p > 0,05$). Баранчики забайкальской породы имели лучшие высотные промеры статей тела по высоте в холке на 0,4 см, по высоте в крестце на 1,3 см. Сверстники агинской породы отличались лучшими показателями объемных и широтных промеров, в том числе косой длины туловища и глубине груди. У особей агинской породы по сравнению с тонкорунными аналогами длиннее уши (на 23,2–23,8%), шея (на 9,7–17,5%) и голова (1,2–2,5%), уже лоб (на 11,5–17,6%) и менее объемная шея (на 5,1–7,2%). Клинико-гематологические показатели находились в пределах физиологической нормы. Наименьшая температура тела на поверхности кожи у подопытного молодняка при рождении и в 6-месячном возрасте отмечена в области уха (25,2–26,0 °С), наибольшая – на центральной части живота (29,3–33,4 °С). По толщине кожи в зависимости от происхождения овец наибольшая разница отмечена в области ЦЧЛ, СР-12 и ЦЧЖ. У тонкорунных особей она на ЦЧЛ толще на 28,0–39,1%, на СР-12 – на 9,7–46,2%, на ЦЧЖ – на 25,0–43,5%. У подопытных особей выявлена положительная корреляция живой массы с высотой в крестце (0,591–0,906), с обхватом пясти (0,133–0,240), с шириной лба (0,173–0,590). Отмечена взаимосвязь живой массы с длиной головы и шеи у полугрубошерстных особей (0,060–0,463 и 0,147–0,394), а также слабая сопряженность с толщиной кожи на СР-12. У тонкорунных аналогов установлена средняя корреляция между живой массой и обхватом шеи (0,490–0,553) и толщиной кожи в области ЦЧЖ (0,469–0,755).

Ключевые слова: овцы, забайкальская порода, агинская порода, живая масса, физиологические показатели, корреляция

ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF ADAPTATION OF YOUNG SHEEP IN THE CONDITIONS OF TRANSBAIKAL

✉ Khamiruyev T.N., Bazaron B.Z., Dashinimaev S.M.

Scientific Research Institute of Veterinary Medicine of Eastern Siberia - Branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences Chita, Russia

✉ e-mail: tnik0979@mail.ru

The results of studying the adaptive abilities of young sheep depending on their origin and their relationship with productivity are presented. Temperature, velocity and humidity at birth of lambs (April) were 4.7 °C, 4.2 m/s and 17.7%, at the age of 6 months (October) - 1.0 °C below zero, 4.9 m/s and 33.7% respectively. The best indicators of live weight up to 6 months of age are shown by medium-wool young Aginskaya breed. Young rams at the age of 6 months had an advantage over their fine-wool counterparts of Transbaikal breed by 3.7% in terms of average live weight, and the gimmers by 6.3% ($p > 0.05$). The rams of the Transbaikal breed had the best height measurements of the body by 0.4 cm at the withers and by 1.3 cm in the height at hips. The Aginskaya breed peers

were distinguished by better volume and latitude measurements, including oblique torso length and chest depth. The Aginskaya breed has longer ears (23,2-23,8%), neck (9,7-17,5%) and head (1,2-2,5%), narrower forehead (11,5-17,6%) and less voluminous neck (5,1-7,2%) than their fine-wool counterparts. Clinical and hematological parameters were within the physiological norm. The lowest body temperature on the skin surface of the experimental youngsters at birth and at 6 months of age was noted in the ear area (25.2-26.0 °C), the highest - on the central part of the abdomen (29.3-33.4 °C). In terms of skin thickness, depending on the origin of the sheep, the greatest difference was noted in the SCP, MR-12, and SCP areas. In fine-wool individuals, it is 28.0-39.1% thicker in the SCP, 9.7-46.2% thicker in the MR-12, and 25.0-43.5% thicker in the SCP. In test specimens a positive correlation of live weight with the height at hips (0.591-0.906), with the girth of the metacarpel (0.133-0.240), and with the width of the forehead (0.173-0.590) was detected. There was a correlation between live weight and head and neck length in medium-wool breed individuals (0.060-0.463 and 0.147-0.394), as well as a weak correlation with skin thickness on MR-12. In fine-wool counterparts, there is a medium correlation between live weight and neck girth (0.490-0.553) and skin thickness in the SCP area (0.469-0.755).

Keywords: sheep, Trans-Baikal breed, Aginskaya breed, live weight, physiological indicators, correlation

Для цитирования: Хамируев Т.Н., Базарон Б.З., Дашинимаев С.М. Эколого-физиологические механизмы адаптации молодняка овец в условиях Забайкалья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 61–70. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-7>. EDN TYKQWR.

For citation: Khamiruyev T.N., Bazaron B.Z., Dashinimaev S.M. Ecological and physiological mechanisms of adaptation of young sheep in the conditions of Transbaikal. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 61–70. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-7>. EDN TYKQWR.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Для продуктивных животных процесс адаптации, наряду с состоянием здоровья, оценивается с учетом развития у них хозяйственно-полезных признаков. Ф. Комаров, Б. Коровкин [1] отмечают, что на современном этапе развития науки о здоровье животных выросло значение клинической диагностики по биохимическим показателям крови. Показателями приспособленности с зоотехнической точки зрения могут служить уровень продуктивности животных, продолжительность их использования и способность поголовья к расширенному воспроизводству¹ [2]. С точки зрения физиологии уровень основного обмена, частота дыхания и температура кожи являются основными показателями адаптации к условиям выращивания [3–6]. При этом кожа является важным путем теплообмена между телом и окружающей средой у млекопитающих [7].

Любое взаимодействие «генотип – среда» может нарушить достигнутое селекцией улучшение породы или стада, так как развитие организма проходит под влиянием генов, которые проявляются при соответствующих внешних факторах, к которым относятся не только природно-климатические условия, но и изменения технологических процессов кормления и содержания [8].

Влияние экологических факторов (излучение, температура, относительная влажность и скорость движения воздуха) и теплообмен могут привести к тепловому стрессу овец в связи с изменением теплового энергетического баланса между животным и окружающей средой [9].

Цель исследований – изучить эколого-физиологические механизмы адаптации и их взаимосвязь с продуктивностью молодняка овец в зависимости от происхождения.

¹Кацы Г.Д. Опыт изучения акклиматизации животных // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Современные технологии с.-х. производства и приоритетные направления развития аграрной науки». ДонГАУ, 2014. С. 103–109.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объект исследований – баранчики ($n = 15$) и ярки ($n = 15$) забайкальской (ЗТ) и агинской пород (АГ). Экспериментальная часть работы проведена в АК «Цокто-Хангил» (с. Цокто-Хангил, $50^{\circ} 54'$ с.ш. и $114^{\circ} 39'$ в.д.) Агинского района Забайкальского края, расположенного в степной зоне Восточной Сибири, на юго-востоке Забайкалья на высоте от 500 до 700 м над уровнем моря.

Климат резко континентальный. Зима с низкими температурами, слабыми ветрами, небольшим количеством осадков. Высота снежного покрова составляет от 3–6 до 10 см. Среднемесячная температура: января $-22 \div -26^{\circ}\text{C}$ (абсолютный минимум -51°C), июля $+16 \div +20^{\circ}\text{C}$ (абсолютный максимум $+37^{\circ}\text{C}$). Лето жаркое: первая половина – сухая, вторая – дождливая. Вегетационный период продолжается от 120 до 150 дней. Распределение осадков неравномерное и составляет 200–250 мм/год, с колебаниями от 130 до 400 мм/год.

Подопытные группы молодняка овец сформированы по принципу групп-аналогов. Содержание животных круглогодичное пастбищное, основной корм – пастбищная трава. Клинико-физиологические показатели (ректальная температура (РТ), частота дыхательных движений (ЧДД) и сердечных сокращений (ЧСС)) изучены общепринятыми в ветеринарии методиками, температура кожи на поверхности (ТКП) на различных топографических участках тела (уши (У), шея (Ш), центральная часть лопатки (ЦЧЛ), середина 12-го ребра (СР-12), крестец (К)) – с помощью лазерного инфракрасного бесконтактного термометра АКПП-9302 (Россия) в дневное время. Толщина кожи (ТК) у молодняка овец – в центральных частях лопатки (ЦЧЛ), 12-го ребра (СР-12), бедра (ЦЧБ), спины (ЦЧС) и живота (ЦЧЖ).

Для определения гематологических показателей изучены морфологические (лейкоциты (WBC), эритроциты (RBC), тромбоциты (PLT), гемоглобин (HGB)) на гематологическом анализаторе PCE 90 Vet и биохимические показатели крови (общий белок (ОБ), кальций (Ca), фосфор (P)) на биохимическом анализаторе Stat Fax 1904 и URIT 800 Vet.

Экстерьерно-конституциональные особенности молодняка овец изучены путем взятия основных промеров статей тела: высота в холке (ВХ) и крестце (ВК), косая длина туловища (КДТ), глубина (ГГ), ширина (ШГ) и обхват груди (ОГ), ширина в маклоках (ШМ), обхват пясти (ОП), дополнительно – длина головы (ДГ), длина (ДЛ) и ширина лба (ШЛ), длина (ДУ) и ширина уха (ШУ), длина (ДШ), обхват шеи на уровне 4-го шейного позвонка (ОШ-4).

Живая масса (ЖМ) изучена путем взвешивания животных на электронных весах ТВ-S-200.2 (Россия) с точностью до 0,1 кг.

Полученные экспериментальные данные обработаны методом вариационной статистики [10] по Стьюденту с использованием персонального компьютера, программ Microsoft Office Excel и PAST Version 3.25 (2001), в пределах следующих уровней значимости: $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Температурно-влажностный режим и скорость движения воздуха во время проведения исследований (день) представлены по данным Забайкальского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (см. рис. 1).

Температура, скорость движения и влажность воздуха при рождении ягнят (апрель) составили $4,7^{\circ}\text{C}$, 4,2 м/с и 17,7%, в возрасте 6 мес (октябрь) – минус $1,0^{\circ}\text{C}$, 4,9 м/с и 33,7% соответственно. Отмечено, что для новорожденных ягнят термонеutralной зоной считается температура $25\text{--}30^{\circ}\text{C}$. При коротком шерстном покрове холод оказывает стимулирующее влияние на рост шерсти [11, 12].

В табл. 1 представлена динамика живой массы и интенсивность роста и развития подопытного молодняка овец.

Анализ полученных данных свидетельствует, что по динамике живой массы до 6-месячного возраста лучшие показатели имеет полугрубошерстный молодняк агинской породы. Так, баранчики в возрасте 6 мес по средней живой массе имели преимущество над тонкорунными аналогами за-

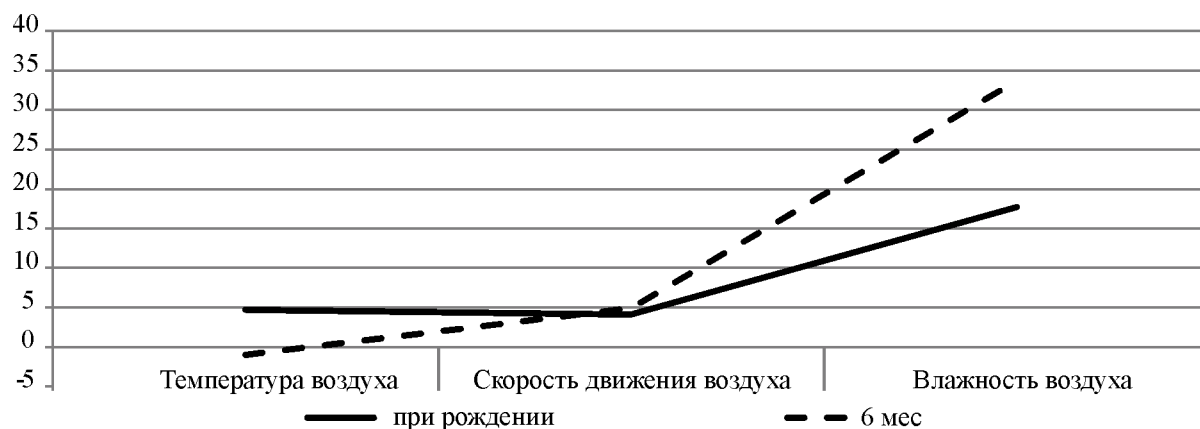


Рис. 1. Температура воздуха (°C), скорость движения воздуха (м/с), влажность воздуха (%)

Fig. 1. Air temperature (°C), air speed (m/s), air humidity (%)

Табл. 1. Динамика средней живой массы и интенсивность роста ягнят

Table 1. Dynamics of average live weight and growth intensity of lambs

Возраст	Порода			
	ЗТ		АГ	
	♂	♀	♂	♀
	Живая масса, кг			
При рождении	3,8 ± 0,10	3,7 ± 0,11	4,1 ± 0,26	3,6 ± 0,80
6 мес	37,9 ± 1,02	35,1 ± 1,13	39,3 ± 1,40	37,3 ± 0,91
Среднесуточный прирост, г				
0–6 мес	189	174	195	187

байкальской породы на 3,7%, ярки – на 6,3% ($p > 0,05$), соответственно интенсивность роста и развития за этот период была выше на 6 и 13 г в сутки.

Одним из методов изучения особенностей роста и развития молодняка является оценка его экстерьера путем взятия основных промеров статей тела и расчета на их основании индексов телосложения. В табл. 2 представлены результаты измерения подопытного молодняка при рождении и в возрасте 6 мес.

Полученные результаты свидетельствуют, что полугрубошерстные ягнята при рождении несколько крупнее аналогов забайкальской породы как баранчики, так и ярочки, что подтверждают весовые показатели.

В процессе роста и развития выявлено, что к 6-месячному возрасту баранчики забайкальской породы имели лучшие высотные промеры. Так, по высоте в холке разница в их пользу составила 0,4 см, по высоте в крестце – 1,3 см, при этом сверстники агинской

породы отличались лучшими показателями объемных и широтных промеров, в том числе косой длины туловища и глубины груди. При оценке роста и развития статей тела ярок установлено, что полугрубошерстные особи агинской породы имели преимущество по всем изученным промерам статей тела. На основании полученных данных по промерам статей тела были рассчитаны индексы телосложения подопытного молодняка при рождении и в возрасте 6 мес (см. табл. 3).

В результате проведенных расчетов выявлено, что при рождении по индексам телосложения подопытные ягнята не имеют ярко выраженных отличий, за исключением индекса перерослости. В возрасте 6 мес как у тонкорунного, так и у полугрубошерстного молодняка отмечено заметное увеличение индексов растянутости, сбитости и массивности, уменьшение индекса костистости, что напрямую связано с процессом интенсивного роста и развития в этот период.

Табл. 2. Промеры статей тела ягнят, см

Table 2. Measurements of body parts of lambs, cm

Про- мер	Порода							
	ЗТ				АГ			
	при рождении		6 мес		при рождении		6 мес	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
ВХ	30,9 ± 1,20	28,7 ± 1,34	51,2 ± 1,48	48,3 ± 1,16	31,3 ± 1,06	29,5 ± 1,27	50,8 ± 1,14	49,3 ± 1,16
ВК	29,6 ± 1,26	28,1 ± 1,37	52,1 ± 0,99	48,8 ± 1,48	32,6 ± 1,51	31,1 ± 1,37	50,9 ± 1,91	50,1 ± 1,45
КДТ	32,6 ± 1,07	32,5 ± 1,18	60,4 ± 1,78	58,1 ± 1,20	33,0 ± 1,25	32,8 ± 1,03	62,3 ± 1,49	58,9 ± 1,20
ГГ	13,4 ± 0,52	12,9 ± 0,34	27,3 ± 0,95	23,8 ± 1,32	13,9 ± 0,74	13,6 ± 0,52	28,7 ± 0,82	24,3 ± 0,95
ШГ	7,8 ± 0,63	7,4 ± 0,52	15,5 ± 0,97	14,8 ± 0,79	8,2 ± 0,63	7,7 ± 0,67	16,1 ± 0,74	15,5 ± 1,08
ОГ	34,3 ± 1,16	32,5 ± 1,51	74,7 ± 1,25	67,9 ± 1,29	35,2 ± 1,14	32,7 ± 0,95	76,3 ± 1,77	68,7 ± 1,64
ШМ	6,6 ± 0,52	6,4 ± 0,52	16,2 ± 0,78	15,0 ± 1,05	7,1 ± 0,74	6,7 ± 0,48	17,0 ± 0,82	16,0 ± 1,33
ОП	5,3 ± 0,48	5,2 ± 0,42	7,5 ± 0,53	6,8 ± 0,79	5,4 ± 0,84	5,4 ± 0,52	7,9 ± 0,57	7,3 ± 1,06

Табл. 3. Индексы телосложения ягнят, %

Table 3. Body indices of lambs, %

Индекс	Порода							
	ЗТ				АГ			
	при рождении		6 мес		при рождении		6 мес	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Длинноногости	56,6	55,1	46,7	50,7	55,6	53,9	43,5	50,7
Растянутости	105,5	113,2	118,0	120,3	105,4	111,2	122,6	119,5
Грудной	58,2	57,4	56,8	62,2	59,0	56,6	56,1	63,8
Сбитости	105,2	100,0	123,7	116,9	106,7	99,7	122,5	116,6
Массивности	111,0	113,2	145,9	140,6	112,5	110,8	150,2	139,4
Костистости	17,2	18,1	14,6	14,1	17,3	18,3	15,6	14,8
Перерослости	95,8	97,9	101,8	101,0	104,2	105,4	100,2	101,6

По мнению исследователей, размер и форма тела являются основными морфологическими характеристиками, влияющими на механизмы терморегуляции животного в условиях выращивания [13, 14].

Кроме основных промеров статей тела были взяты дополнительные (см. табл. 4).

Полученные результаты свидетельствуют о незначительной разнице во всех дополнительных промерах в зависимости от происхождения и пола молодняка овец. Так, у особей агинской породы по сравнению с тонкорунными аналогами длиннее уши, шея и голова, что, возможно, связано с терморегуляторными

Табл. 4. Промеры головы, уха и шеи ягнят, см

Table 4. Head, ear and neck measurements of lambs, cm

Про- мер	Порода							
	ЗТ				АГ			
	при рождении		6 мес		при рождении		6 мес	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
ДГ	9,6 ± 0,52	8,9 ± 0,74	16,9 ± 0,74	15,8 ± 1,14	10,2 ± 0,79	9,1 ± 0,75	17,1 ± 0,99	16,2 ± 0,92
ДЛ	3,6 ± 0,70	3,5 ± 0,53	5,5 ± 0,97	5,2 ± 0,79	3,9 ± 0,74	3,6 ± 0,52	5,4 ± 0,52	5,3 ± 0,42
ШЛ	5,6 ± 0,52	5,1 ± 0,57	8,7 ± 0,75	8,0 ± 0,82	5,2 ± 0,59	5,1 ± 0,57	7,8 ± 0,71	6,8 ± 0,71
ДУ	8,4 ± 0,52	8,1 ± 0,57	10,5 ± 0,41	9,9 ± 1,20	8,9 ± 0,88	8,1 ± 0,57	13,0 ± 1,05	12,2 ± 1,03
ШУ	4,8 ± 0,48	4,5 ± 0,47	6,0 ± 0,71	5,7 ± 0,82	4,5 ± 0,53	4,5 ± 0,47	6,5 ± 0,47	6,1 ± 0,57
ДШ	13,9 ± 0,74	13,0 ± 0,67	24,6 ± 1,77	23,8 ± 1,55	15,3 ± 0,82	14,5 ± 0,53	28,9 ± 1,20	26,1 ± 1,20
ОШ	16,5 ± 0,71	15,8 ± 0,79	28,7 ± 2,07	25,2 ± 1,81	16,2 ± 1,03	15,5 ± 1,08	27,3 ± 1,42	23,5 ± 2,27

особенностями и их способностью добывать корм в труднодоступных местах за счет удлиненной шеи. Тонкорунный молодняк отличается широким лбом и короткой более объемной шеей.

Известно, что о приспособленности животных к тем или иным условиям можно судить по интерьерным признакам, в частности по показателям крови, которые в определенной степени могут характеризовать и продуктивные качества (см. табл. 5).

В настоящих исследованиях гематологические показатели у подопытного молодняка находились в пределах физиологической нормы. Достоверной разницы в исследуемых показателях крови в зависимости от породы и пола выявлено не было. Отмечено, что соотношение кальция к фосфору в крови у подопытного молодняка варьирует от 3,3 : 1 до 5,4 : 1, что выше нормы (1,5–2 : 1).

Для оценки адаптационных свойств подопытного молодняка исследованы клинические показатели (см. табл. 6).

Результаты клинических исследований у подопытного молодняка свидетельствуют о том, что с возрастом как у тонкорунных, так и полугрубошерстных особей закономерно снижается частота дыхательных движений и сердечных сокращений, при этом можно предположить, что молодняк агинской породы за счет более низких показателей регулирует процесс терморегуляции во взаимосвязи с условиями окружающей среды.

Значительное увеличение частоты дыхания является первым физиологическим механизмом, используемым овцами и козами для преодоления теплового стресса окружающей среды [15]. Овцы, способные к ходьбе на большие расстояния, отличаются повышенными показателями температуры тела и частотой дыхания при пастбищном стрессе [16, 17].

Температура тела на поверхности кожи у подопытного молодняка была разной на различных топографических участках (см. табл. 7).

Наименьшая температура тела на поверхности кожи у подопытного молодняка отмечена в области уха (25,2–26,0 °C), наибольшая –

Табл. 5. Гематологические показатели подопытного молодняка в возрасте 6 мес

Table 5. Hematological parameters of experimental young animals at the age of 6 months

Показатель	Порода			
	ЗТ		АГ	
	♂	♀	♂	♀
RBC, $10^{12}/л$	$7,8 \pm 1,35$	$8,6 \pm 0,97$	$9,2 \pm 1,61$	$7,2 \pm 0,24$
WBC, $10^9/л$	$11,4 \pm 0,98$	$10,7 \pm$	$11,2 \pm 1,55$	$11,6 \pm 2,56$
PLT, $10^9/л$	$168,2 \pm 28,21$	$172 \pm 30,24$	$170,3 \pm 31,6$	$168,0 \pm 25,0$
HGB, г/л	$88,7 \pm 4,58$	$91,4 \pm 5,66$	$85,2 \pm 5,97$	$83,0 \pm 6,02$
ОБ, г/л	$94,6 \pm 9,56$	$96,4 \pm 8,47$	$97,0 \pm 10,15$	$92,8 \pm 10,7$
Са, ммоль/л	$6,8 \pm 0,47$	$5,7 \pm 0,27$	$7,6 \pm 0,50$	$4,7 \pm 0,30$
Р, ммоль/л	$1,5 \pm 0,17$	$1,7 \pm 0,16$	$1,4 \pm 0,11$	$1,2 \pm 0,10$

Табл. 6. Клинические показатели молодняка овец

Table 6. Clinical indicators of young sheep

Показатель	Порода							
	ЗТ				АГ			
	при рождении		6 мес		при рождении		6 мес	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
РТ, °C	$36,9 \pm 0,74$	$37,1 \pm 0,74$	$37,3 \pm 0,67$	$37,1 \pm 0,86$	$36,7 \pm 0,82$	$37,0 \pm 0,82$	$37,2 \pm 0,79$	$38,0 \pm 0,94$
ЧДД, раз/мин	$58,4 \pm 2,12$	$62,9 \pm 2,96$	$35,2 \pm 0,78$	$36,2 \pm 1,40$	$55,4 \pm 1,88$	$65,4 \pm 3,89$	$33,8 \pm 1,93$	$35,0 \pm 1,94$
ЧСС, раз/мин	$111,9 \pm 5,55$	$120,8 \pm 6,89$	$90,6 \pm 2,22$	$91,7 \pm 3,27$	$108,6 \pm 6,96$	$120,2 \pm 3,99$	$88,7 \pm 2,79$	$89,2 \pm 1,93$

Табл. 7. Температура тела на поверхности кожи, °С

Table 7. Body temperature on the skin surface, °С

Уча- сток тела	Порода							
	ЗТ				АГ			
	при рождении		6 мес		при рождении		6 мес	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
У	25,2 ± 1,31	25,9 ± 0,34	27,7 ± 1,45	24,5 ± 1,35	25,0 ± 1,31	26,0 ± 1,12	24,1 ± 1,42	24,1 ± 1,15
Ш	28,2 ± 1,29	29,9 ± 0,21	26,7 ± 1,28	27,4 ± 1,25	27,7 ± 0,89	27,8 ± 0,64	26,6 ± 0,84	26,9 ± 1,51
ЦЧЛ	29,4 ± 0,94	31,7 ± 2,49	28,8 ± 1,41	29,6 ± 0,75	29,7 ± 0,77	29,7 ± 0,44	28,2 ± 1,46	28,8 ± 0,78
СР-12	29,5 ± 0,88	30,1 ± 1,38	30,2 ± 2,05	29,5 ± 0,64	29,1 ± 0,75	30,6 ± 1,55	27,7 ± 1,32	28,4 ± 0,78
К	29,5 ± 1,35	31,8 ± 2,61	28,2 ± 1,15	29,2 ± 0,87	29,3 ± 0,80	28,8 ± 0,73	28,0 ± 2,01	27,7 ± 0,74
ЦЧЖ	30,5 ± 1,25	33,4 ± 1,37	31,7 ± 1,18	31,2 ± 0,74	30,8 ± 0,68	32,6 ± 1,40	29,3 ± 1,36	30,9 ± 1,09

на центральной части живота (29,3–33,4 °С) как при рождении, так и в 6-месячном возрасте. Повышенную температуру тела на поверхности кожи в области живота можно объяснить тем, что молодняк в период отдыха часто соприкасается с холодным полом и землей (при рождении – весна, в 6 мес – осень). Достоверных различий на топографических участках тела между особями в зависимости от происхождения и пола не выявлено.

На рис. 2 представлены данные по толщине кожи на различных топографических участках тела молодняка овец при рождении и в возрасте 6 мес.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что по толщине кожи на различных топографических участках тела у подопытных ягнят существуют некоторые отличия в зависимости от породы. Так, у тонкорунного

молодняка при рождении кожа толще на всех участках в сравнении с полугрубошерстными аналогами. При этом отмечено, что у самок забайкальской породы она толще, чем у самцов и у ярок агинской. Наименьшая толщина кожи у особей забайкальской породы зарегистрирована в области живота, наибольшая – в области спины, у аналогов агинской породы – в области лопатки и спины соответственно. В возрасте 6 мес у подопытного молодняка произошло закономерное утолщение кожи на всех исследуемых участках. При этом более значительные изменения в этом показателе произошли в области лопатки, на боку и на бедре. Отмечено, что в области живота у самок кожа толще, чем у самцов.

Знание коррелятивной зависимости между отдельными признаками и ее количественное определение позволяют проводить

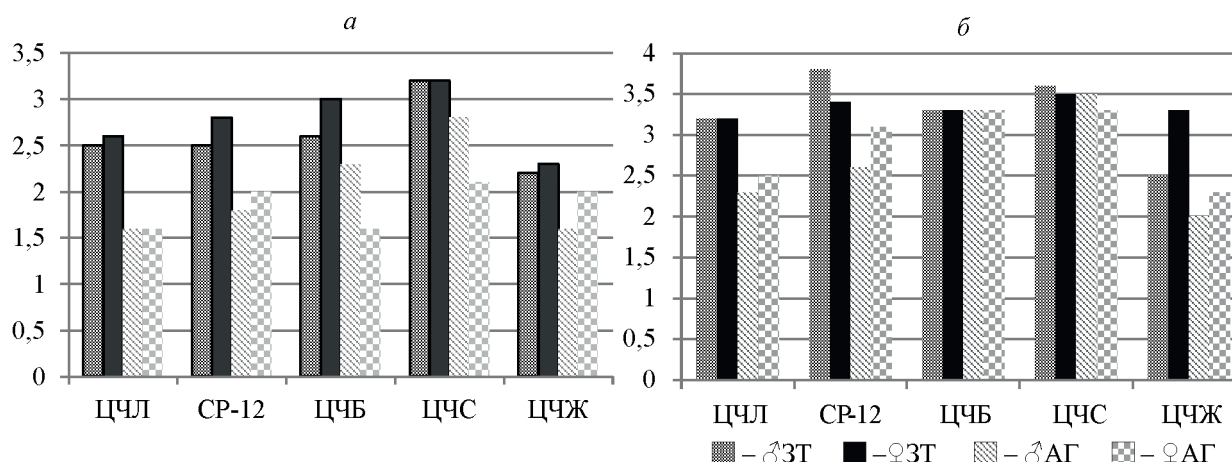


Рис. 2. Толщина кожи ягнят при рождении (а) и в возрасте 6 мес (б), мм

Fig. 2. Skin thickness of lambs at birth (a) and at the age of 6 months (b), mm

отбор по одному или нескольким признакам, предусмотреть изменение одних признаков при отборе по другим, что имеет важное значение для успешной селекционной работы (табл. 8–10).

Анализ полученных результатов свидетельствует, что у подопытного молодняка в возрасте 6 мес сильную положительную корреляцию с живой массой имеет промер высота в крестце (+0,591–+0,906), слабую – промер обхват пясти (+0,133–+0,240). Это указывает на то, что при отборе молодняка следует учитывать данные промеры.

У тонкорунных особей живая масса слабо коррелирует с глубиной груди в отличие от полугрубошерстных аналогов, у которых она отрицательная.

При анализе сопряженности живой массы с дополнительно взятыми промерами выявлено, что слабая и средняя связь признаков у подопытного молодняка присутствует с шириной лба. Отличительным моментом является слабая и средняя взаимосвязь живой массы с длиной головы и длиной шеи у полугрубошерстных особей. У тонкорунных аналогов установлена средняя корреляция между живой массой и обхватом шеи.

У тонкорунного молодняка выявлена средняя и сильная взаимосвязь живой массы с толщиной кожи на центральной части живота, тогда как у полугрубошерстного молодняка отмечена слабая корреляция между живой массой и толщиной кожи на середине 12-го ребра.

Табл. 8. Взаимосвязь живой массы с промерами статей тела подопытного молодняка в возрасте 6 мес
Table 8. The relationship of live weight with measurements of body parts of experimental young animals at the age of 6 months

Коррелируемые признаки	r			
	ЗТ		АГ	
	♂	♀	♂	♀
ЖМ – ВХ	–0,099	+0,210	+0,098	–0,063
ЖМ – ВК	+0,591	+0,753	+0,758	+0,906
ЖМ – КДТ	–0,214	+0,579	–0,455	+0,134
ЖМ – ГГ	+0,119	+0,155	–0,280	–0,460
ЖМ – ШГ	–0,181	+0,385	–0,128	–0,054
ЖМ – ОГ	–0,502	+0,635	+0,827	–0,031
ЖМ – ШМ	–0,383	+0,328	–0,077	+0,356
ЖМ – ОП	0	+0,133	+0,240	+0,239

Табл. 9. Взаимосвязь живой массы с дополнительными промерами статей тела подопытного молодняка в возрасте 6 мес

Table 9. The relationship of live weight with additional measurements of body parts of experimental young animals at the age of 6 months

Коррелируемые признаки	r			
	ЗТ		АГ	
	♂	♀	♂	♀
ЖМ – ДГ	–0,467	–0,177	+0,463	+0,06
ЖМ – ДЛ	–0,232	–0,322	–0,303	+0,115
ЖМ – ШЛ	+0,229	+0,173	+0,241	+0,590
ЖМ – ДУ	–0,452	+0,341	+0,516	–0,090
ЖМ – ШУ	+0,192	–0,485	–0,224	+0,151
ЖМ – ДШ	–0,177	+0,209	+0,394	+0,147
ЖМ – ОШ	+0,553	+0,490	–0,046	–0,470

Табл. 10. Взаимосвязь живой массы с показателями толщины кожи подопытного молодняка в возрасте 6 мес

Table 10. Relationship between live weight and skin thickness in experimental young animals at the age of 6 months

Коррелируемые признаки	r			
	ЗТ		АГ	
	♂	♀	♂	♀
ЖМ – ЦЧЛ	–0,223	+0,203	+0,363	–0,194
ЖМ – СР–12	+0,398	–0,508	+0,049	+0,036
ЖМ – ЦЧБ	–0,304	+0,156	+0,132	–0,071
ЖМ – ЦЧС	–0,424	+0,749	–0,422	–0,029
ЖМ – ЦЧЖ	+0,469	+0,755	–0,739	–0,012

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты по изучению эколого-физиологических механизмов адаптации свидетельствуют, что при круглогодичном пастбищном содержании в суровых природно-климатических условиях сухих степей Забайкалья подопытный молодняк овец проявляет достаточно высокие показатели интенсивности роста и развития, при этом лучшими показателями отличается полугрубошерстный молодняк агинской породы.

Положительная корреляция живой массы у подопытного молодняка в возрасте 6 мес выявлена с высотой в крестце и обхватом пясти. Отличительным моментом является слабая и средняя взаимосвязь живой массы с длиной головы и длиной шеи у полугрубошерстных особей. У тонкорунных аналогов установлена средняя корреляция между живой массой и обхватом шеи.

На основании полученных данных можно сделать вывод о возможности их использования в селекционно-племенной работе с тонкорунными и полугрубошерстными овцами забайкальской и агинской пород, что даст возможность прогнозировать эффективность селекции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комаров Ф.И., Коровкин Б.Ф. Биохимические показатели в клинике внутренних болезней: монография. М.: МЕДпресс-информ. 2006. 208 с.
2. Степанов Д.В., Родина Н.Д. Проблемы акклиматизации животных // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2012. № 1 (34). С. 89–93.
3. Shkolnik A., Choshniak I. Adaptation to life in the desert: the special physiology and history of the black Bedouin goat. Edit by: Shkolnik T., Ruggell [Liechtenstein], Gantner // Journal of thermal biology. 2006. N 32 (6). P. 360.
4. Dracan N.K., Silanikove N. The advantages of goats for future adaptation to climate change: a conceptual overview // Small Ruminant Research. 2017. N 163. P. 34–38.
5. Dubeuf J.P., Morand-Fehr P., Rubino R. Situation, changes and future of goat industry around the world // Small Ruminant Research. 2004. N 51. P. 165–173.
6. Sejian V., Bhatta R.R., Gaughan J.B., Dunshea F.R., Laccetera N. Review Adaptation of animals to heat stress // Animal. 2018. N 12 (S2). P. 431–444.
7. Rashamol V.P., Sejian V., Bagath M., Krishnan G., Archana P.R., Bhatta R. Physiological adaptability of livestock to heat stress: an updated review // Journal of Animal Behaviour and Biometeorology. 2018. N 6. P. 62–71.
8. Шуваев В.Т., Мукитюк В.В. Генетико-экологическая адаптация корриделей на Украине // Овцы, козы, шерстное дело. 2003. № 2. С. 7–10.
9. Du Toit J.T., Yetman C.A. Effects of body size on the diurnal activity budgets of African browsing ruminants // Oecologia. 2005. Vol. 143. P. 317–325.
10. Подкорытов А.А., Рядинская Н.И., Владимиров Н.И. Влияние стрижки поярка на гистоструктуру кожи овец прикатунского типа горноалтайской породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2011. № 1. С. 44–46.
11. Яковенко А.М., Антоненко Т.И., Селионова М.И. Биометрические методы анализа качественных и количественных признаков в зоотехнии: монография. Ставрополь: АГРУС, 2013. 91 с.
12. Дмитрик И.И., Завгородняя Г.В. Гистоструктура и свойства шерсти у баранчиков ставропольской породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2001. № 3. С. 39–41.
13. Пономаренко О.В., Чернобай Е.Н., Гузенко В.И. Продуктивные качества молодняка, полученного от маток, подвергшихся предродовой стрижке // Зоотехния. 2015. № 2. С. 27–28.
14. Payne W.J., Wilson R.T. An Introduction to Animal Husbandry in the Tropics, 5th edition. Wiley-Blackwell. 1999. 832 p.
15. Silanikove N. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments // Small Ruminant Research. 2000. N 35. P. 181–193.
16. Nejad J.G., Sung K. Behavioral and physiological changes during heat stress in Corriedale ewes exposed to water deprivation // Journal of Animal Science and Technology. 2017. Vol. 59. P. 13. DOI: 10.1186/s40781-017-0140-x.
17. Sejian V., Maurya V.P., Naqvi M.K. Effect of walking stress on growth, physiological adaptability, and endocrine responses in Malpura ewes in a semi-arid tropical environment // International Journal of Biometeorology. 2012. N 56 (2). P. 243–252. DOI: 10.1007/s00484-011-0420-y.

REFERENCES

1. Komarov F.I., Korovkin B.F. *Biochemical parameters in the clinic of internal diseases*. Moscow, MEDpress-inform, 2006, 208 p. (In Russian).
2. Stepanov D.V., Rodina N.D. Problems of acclimatization of animals. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of the Oryol State Agrarian University*, 2012, no. 1 (34), pp. 89–93. (In Russian).
3. Shkolnik A., Choshniak I. Adaptation to life in the desert: the special physiology and history of the black Bedouin goat. Edit by: Shkolnik T., Ruggell [Liechtenstein], Gantner. *Journal of thermal biology*, 2006, no. 32 (6), pp. 360.
4. Dracan N.K., Silanikove N. The advantages of goats for future adaptation to climate change: a conceptual overview. *Small Ruminant Research*, 2017, no. 163, pp. 34–38.
5. Dubeuf J.P., Morand-Fehr P., Rubino R. Situation, changes and future of goat industry around the world. *Small Ruminant Research*, 2004, no. 51, pp. 165–173.
6. Sejian V., Bhatta R.R., Gaughan J.B., Dunshea F.R., Laccetera N. Review Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, 2018, no. 12 (S2), pp. 431–444.
7. Rashamol V.P., Sejian V., Bagath M., Krishnan G., Archana P.R., Bhatta R. Physiological adaptability of livestock to heat stress: an updated review. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 2018, no. 6, pp. 62–71.
8. Shuvaev V.T., Mikityuk V.V. Genetic and Ecological Adaptation of Corridelles in Ukraine. *Ovcy, kozy, sherstyano delo = Sheep, goats and wool production*, 2003, no. 2. pp. 7–10. (In Russian).
9. Du Toit J.T., Yetman C.A. Effects of body size on the diurnal activity budgets of African browsing ruminants. *Oecologia*, 2005, vol. 143, pp. 317–325.
10. Podkorytov A.A., Ryadinskaya N.I., Vladimirov N.I. Influence of shearing of a lamb on the histological structure of the skin of sheep of the Katun type of the Gorno-Altai breed. *Ovcy, kozy, sherstyano delo = Sheep, goats and wool production*, 2011, no. 1. pp. 44–46. (In Russian).
11. Yakovenko A.M., Antonenko T.I., Selionova M.I. *Biometric Methods for the Analysis of Qualitative and Quantitative Characteristics in Animal Science*. Stavropol', AGRUS, 2013, 91 p. (In Russian).
12. Dmitrik I.I., Zavgorodnyaya G.V. Histostructure and properties of wool in rams of the Stavropol breed. *Ovcy, kozy, sherstyano delo = Sheep, goats and wool production*, 2001, no. 3. pp. 39–41. (In Russian).
13. Ponomarenko O.V., Chernobaj E.N., Guzenko V.I. Productive characteristics of the offspring derived from ewes subjected to prenatal haircut. *Zootekhniya = Zootechniya*, 2015, no. 2. pp. 27–28. (In Russian).
14. Payne W.J., Wilson R.T. *An Introduction to Animal Husbandry in the Tropics*, 5th edition. Wiley-Blackwell, 1999, 832 p.
15. Silanikove N. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Ruminant Research*, 2000, no. 35, pp. 181–193.
16. Nejad J.G., Sung K. Behavioral and physiological changes during heat stress in Corriedale ewes exposed to water deprivation. *Journal of Animal Science and Technology*, 2017, vol. 59, pp. 13. DOI:10.1186/s40781-017-0140-x.
17. Sejian V., Maurya V.P., Naqvi M.K. Effect of walking stress on growth, physiological adaptability, and endocrine responses in Malpura ewes in a semi-arid tropical environment. *International Journal of Biometeorology*, 2012, no. 56 (2), pp. 243–252. DOI: 10.1007/s00484-011-0420-y.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Хамируев Т.Н.**, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 672039, Забайкальский край, Чита, ул. Кирова, 49; e-mail: tnik0979@mail.ru

Базарон Б.З., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Дашинимаев С.М., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Timur N. Khamiruyev**, Associate Professor, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 49, Kirova St., Chita, Trans-Baikal Territory, 672039, Russia; e-mail: tnik0979@mail.ru

Badma Z. Bazaron, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Solbon M. Dashinimaev, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 14.04.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 11.05.2022
Дата публикации / Published 25.07.2022

ВЛИЯНИЕ ПРЕОБРАЗОВАННОЙ ЛУЗГИ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В РУБЦЕ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ *IN VITRO*

Мирошников С.А., Дускаев Г.К., Шейда Е.В., (✉)Рязанов В.А.

*Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук
Оренбург, Россия*

(✉)e-mail: vita7456@yandex.ru

Изучены процессы ферментации в рубце жвачных при использовании лузги подсолнечника, подвергнутой ультразвуковой обработке, в сочетании с фитобиотиками. В ходе эксперимента определяли образование конечных метаболитов в рубцовой жидкости, а также образование метана. Объектом исследования являлась рубцовая жидкость, которая отобрана у бычков казахской белоголовой породы в возрасте 12 мес средней массой 230–235 кг. Хроническая фистула рубца ($n = 3$) была установлена по методике А.А. Алиева. Методом *in vitro* при помощи прибора «ANKOM Daisy II» (модификации D200 и D200I) по специализированной методике проинкубированы следующие образцы: контроль (образец № 1): лузга, подвергнутая механическому измельчению, + гидромодуль (вода) + обработка УЗ при 20 °С, 15 мин, 27 кГц; образец № 2: образец № 1 + гамма-окталактон (0,25 мл); образец № 3: образец № 1 + кверцетин (10,0 мг); образец № 4: образец № 1 + 7-гидроксикумарин (2,0 мг). Каждый эксперимент проведен в пяти повторностях. Определены переваримость сухого вещества, концентрация летучих жирных кислот, образование азотистых метаболитов и концентрация метана. Полученные данные статистически проанализированы с использованием программного обеспечения. Получены новые данные о влиянии лузги подсолнечника совместно с фитобиотиками на образование конечных метаболитов в рубцовой жидкости. Установлено, что добавление биологически активных веществ гамма-окталактона, кверцетина, 7-гидроксикумарина способствовало повышению переваримости сухого вещества относительно контроля на 2,0% ($p \leq 0,05$), 3,1 ($p \leq 0,01$) и 4,3% ($p \leq 0,05$) соответственно. Отмечено повышение концентрации летучих жирных кислот и азотистых фракций при использовании данных веществ. Уровень концентрации метана был ниже, чем в контроле, при использовании 7-гидроксикумарина в образце № 4 на 10% ($p \leq 0,01$).

Ключевые слова: лузга подсолнечника, кавитация, рубцовая жидкость, фитовещества

EFFECT OF TRANSFORMED SUNFLOWER HUSK ON ENZYMATIC PROCESSES IN THE RUMEN *IN VITRO*

Miroshnikov S.A., Duskaev G.K., Sheida E.V., (✉)Ryazanov V.A.

*Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences*

Orenburg, Russia

(✉)e-mail: vita7456@yandex.ru

Fermentation processes in the rumen of ruminants when using sunflower husk subjected to ultrasound treatment in combination with phytobiotics were studied. During the experiment, the formation of terminal metabolites in the ruminal fluid as well as the formation of methane were determined. The object of the study was the rumen fluid, which was selected from bulls of Kazakh white-headed breed at the age of 12 months with the average weight of 230–235 kg. Chronic rumen fistula ($n = 3$) was identified according to the method of A.A. Aliev. The following samples were incubated by *in vitro* method using the ANKOM Daisy II device (modifications D200 and D200I) according to a specialized technique: control (sample N 1): Mechanically ground husk + hydromodulus (water) + ultrasound treatment at 20 °C, 15 min, 27 kHz; sample N 2: sample N 1 + gamma-octalactone (0.25 ml); sample N 3: sample N 1 + quercetin (10.0 mg); sample N 4: sample N 1 + 7-hydroxycoumarin (2.0 mg). Each experiment was conducted in five replications. The digestibility of dry matter,

concentration of volatile fatty acids, formation of nitrogenous metabolites and methane concentration were determined. The data obtained were statistically analyzed using software. New data were obtained on the effect of sunflower husk together with phytobiotics on the formation of final metabolites in the rumen fluid. The addition of biologically active substances of gamma-octalactone, quercetin, 7-hydroxycoumarin was found to increase the digestibility of dry matter relative to control by 2.0 ($p \leq 0.05$), 3.1 ($p \leq 0.01$) and 4.3% ($p \leq 0.05$), respectively. An increase in the concentration of volatile fatty acids and nitrogenous fractions was noted when using these substances. The level of methane concentration was 10% lower than that of the control with 7-hydroxycoumarin in sample N 4 ($p \leq 0.01$).

Keywords: sunflower husk, cavitation, rumen fluid, phytomaterials

Для цитирования: Мирошников С.А., Дускаев Г.К., Шейда Е.В., Рязанов В.А. Влияние преобразованной лузги подсолнечника на ферментативные процессы в рубце жвачных животных *in vitro* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 71–78. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-8>. EDN UTDALT.

For citation: Miroshnikov S.A., Duskaev G.K., Sheida E.V., Ryazanov V.A. Effect of transformed sunflower husk on enzymatic processes in the rumen *in vitro*. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 71–78. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-8>. EDN UTDALT.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, Проект № 20-16-00088.

Acknowledgements

This work was supported by the Russian Science Foundation, Project N 20-16-00088.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка технологических решений для преобразования вторичных сырьевых ресурсов, в частности лузги подсолнечника, для ее дальнейшего использования при выращивании и откорме крупного рогатого скота является перспективной темой. С расширением посевных площадей в 2021 г., по предварительным итогам посевной кампании, площади под подсолнечником в России достигли 9643,5 тыс. га¹, что приведет к увеличению вторичного продукта при переработке семян подсолнечника – лузги. Имеются различные способы использования лузги подсолнечника, например, ее можно использовать в качестве питательной среды [1]. Есть данные об использовании предварительно подготовленной подсолнечной лузги в качестве добавки в почву, что улучшает ее физические, химические и гидрологические свойства [2]. Не-

обработанную лузгу подсолнечника изучали, вводя в рацион свиней. Достоверно установлено, что содержание азота в рационе было самым высоким в группах свиней, которых кормили лузгой подсолнечника [3].

Использование лузги подсолнечника в качестве кормовой добавки в сельском хозяйстве было предложено в работе². Следует отметить специфичность самой лузги, которая на 40% состоит из лигноцеллюлозного волокна [4]. Наличие структурных углеводов в лузге свидетельствует о том, что она может быть использована в кормлении крупного рогатого скота, так как только микроорганизмы рубца этих животных способны их разрушить, за исключением лигнина. Его способны переработать грибы, населяющие рубец [5–7]. Предварительная кавитационная обработка подсолнечной лузги улучшает ее использование в виде корма³.

¹ФГБУ «Центр Агроаналитики» Минсельхоз России, Рынок масленичных. <https://mcx.gov.ru/analytics/> <https://specagro.ru/analytics/markets>.

²Антимонов С.В., Соловых С.Ю. Технология получения кормосмесей и добавок с применением нетрадиционного растительного сырья // Пищевые технологии: сб. тезисов докл. VIII Всерос. конф. молодых ученых с международным участием (Казань, 2007 г.). Казань: Издательство «Отечество», 2007. 222 с.

³Bykov A.V., Kvan O.V., Duskaev G.K. The influence of cavitation processing on biotechnological aspects of feed application // International Conference on World Technological Trends in Agribusiness: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 121–192. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012192.

При увеличении доли структурных углеводов в рационе крупного рогатого скота повышается нагрузка на всю пищеварительную систему, в большей степени – на рубец [8, 9]. Для поддержания его нормальной функции могут быть использованы специальные биологически активные вещества (малые молекулы)⁴. Ранее произведена оценка применения биологически активных веществ и влияния их на переваримость у животных и отмечен положительный эффект [10].

Поиск новых технологических решений по использованию лузги подсолнечника в сочетании с малыми молекулами для переработки отходов производства и дальнейшего скормливания жвачным животным представляет особый интерес.

Цель исследования – изучить процессы ферментации в рубце жвачных животных на модели *in vitro* с использованием биологически активных веществ и лузги подсолнечника.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объект исследования – рубцовая жидкость, отобранная у бычков казахской белоголовой породы с хронической фистулой рубца ($n = 3$), установленной по методике А.А. Алиева⁵, средней массой 230–235 кг в возрасте 12 мес. Исследования проводили методом латинского квадрата.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996 г.). При проведении исследований предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследованных опытных образцов.

Методом *in vitro* при помощи прибора «ANKOM Daisy II» (модификации D200 и D200I) по специализированной методике были проинкубированы следующие образцы (см. табл. 1).

Для изучения использовали Coumarin-IUPAC: 7-гидроксикумарин, молекулярная формула – $C_9H_6O_3$, молярная масса – 162,144 г/моль; CAS: 93-35-6, 1391-97-5; кверцетин дигидрат, 95+% AL33795-1, молекулярная формула – $C_{15}H_{10}O_7 \times 2H_2O$, молярная масса – 338,3 г/моль; CAS: 6151-25-3. Gamma-octalactone: молекулярная формула – $C_8H_{14}O_2$, молярная масса – 142,20 г/моль; CAS: 104-50-7.

Исследуемые вещества вносили непосредственно в рубцовую жидкость. Подсолнечную лузгу измельчали на лабораторной мельнице до диаметра частиц 1,0 мм. Далее подготовили гидромодуль продукта с водой. Параметры ультразвука выбраны в пределах 27 кГц, время обработки 15 мин. Температура кавитационной обработки целлюлозо-содержащих смесей составляла 20 °С. В качестве дисперсионной среды использована дистиллированная вода. Каждый эксперимент проведен в трех повторностях.

Табл. 1. Качественный состав образцов
Table 1. Qualitative composition of samples

№ образца	Качественный состав
1 (контроль)	Лузга: механическое измельчение + вода + обработка УЗ при 20 °С, 15 мин, 27 кГц
2	Лузга: механическое измельчение + вода + обработка УЗ при 20 °С, 15 мин, 27 кГц + гамма-окталактон 0,25 мл
3	Лузга: механическое измельчение + вода + обработка УЗ при 20 °С, 15 мин, 27 кГц + кверцетин 10,0 мг
4	Лузга: механическое измельчение + вода + обработка УЗ при 20 °С, 15 мин, 27 кГц + 7-гидроксикумарин 2,0 мг

⁴Karimov I., Kondrashova K., Duskaev G., Kvan O. Evaluation of effects of rumen fluid in combination with probiotic preparations and vanillin on the luminescence of a recombinant strain *E. coli* // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 143. P. 20–34. DOI: 10.1051/e3sconf/202014302034.

⁵Алиев А.А. Оперативные методы исследований сельскохозяйственных животных. Л.: Колос, 1974. 61 с.

Лабораторные исследования проводили в Испытательном центре ЦКП Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий РАН. Уровень летучих жирных кислот (ЛЖК) в содержимом рубца определяли методом газовой хроматографии на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М», определение форм азота – по ГОСТ 26180–84.

После инкубирования производили отбор проб воздуха для определения уровня метана на приборе «Кристаллюкс-2000М» методом газовой хроматографии. Данные, полученные в результате этого исследования, статистически проанализированы с использованием программного обеспечения SPSS версии 21.0⁶.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований изучен метаболит в рубцовой жидкости на основе испытаний лузги подсолнечника, подвергнутой ультразвуковой обработке, отдельно и в сочетании с биологическими активными веществами (см. табл. 1).

Показатели переваримости корма и ферментация в рубце являются основными при выборе его в рационах крупного рогатого скота. При проведении исследования установлено, что влияние ультразвукового воздействия на лузгу с дополнительным включением гамма-окталактона при инкубировании повышало переваримость сухого вещества на 2,0% ($p \leq 0,05$), при добавлении кверцетина – на 3,1 ($p \leq 0,01$), 7-гидроксикумарина – на 4,3% ($p \leq 0,05$) (см. табл. 2).

О качестве расщепления корма микроорганизмами рубца можно судить по уров-

Табл. 2. Переваримость сухого вещества лузги подсолнечника *in vitro*, %

Table 2. Dry matter digestibility of sunflower husk *in vitro*, %

№ образца	Переваримость
1 (контроль)	40,2 ± 0,11
2	42,2 ± 0,38*
3	43,3 ± 0,19**
4	44,3 ± 0,26*

* $p \leq 0,05$.

** $p \leq 0,01$.

ню образования летучих жирных кислот. Максимальное повышение установлено при введении 7-гидроксикумарина (образец № 4). Относительно контроля (образец № 1) концентрация уксусной кислоты в рубцовой жидкости повышалась более, чем на 99% ($p \leq 0,01$), пропионовой – на 98,6 ($p \leq 0,01$), масляной – на 96,4, валерьяновой – на 85,2 и капроновой – на 92% ($p \leq 0,05$) (см. табл. 3).

Во время ферментативных процессов жизнедеятельности микрофлоры в рубце образуется метан, вследствие этого происходит потеря энергии животным. При оценке лузги подсолнечника установлено, что дополнительное включение 7-гидроксикумарина в образец № 4 способствовало снижению образования уровня метана на 10% ($p \leq 0,001$) по сравнению с контролем. Добавление в образец № 2 гамма-окталактона и введение кверцетина в образец № 3 увеличило концентрацию метана по сравнению с контролем на 44 ($p \leq 0,05$) и 67,7% соответственно (см. табл. 4).

Метаболизм азота в рубце свидетельствует об активности микроорганизмов к спо-

Табл. 3. Концентрация летучих жирных кислот в рубцовой жидкости, моль/л

Table 3. Concentration of volatile fatty acids in the scar fluid, mol/l

№ образца	Летучие жирные кислоты				
	Уксусная	Пропионовая	Масляная	Валерьяновая	Капроновая
1 (контроль)	0,016 ± 0,002	0,013 ± 0,003	0,012 ± 0,001	0,009 ± 0,002	0,008 ± 0,001
2	2,66 ± 0,22	0,18 ± 0,21	0,09 ± 0,006*	0,04 ± 0,06*	0,007 ± 0,001
3	2,06 ± 0,14	0,16 ± 0,08*	0,09 ± 0,011	0,02 ± 0,04*	0,09 ± 0,01
4	5,9 ± 0,08**	0,95 ± 0,012**	0,31 ± 0,014	0,06 ± 0,11	0,1 ± 0,08*

* $p \leq 0,05$.

** $p \leq 0,01$.

⁶SPSS. (2012). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Табл. 4. Концентрация метана (CH₄) в условиях *in vitro*, моль/л

Table 4. Concentration of methane(CH₄) under *in vitro* conditions, mol/l

№ образца	Концентрация метана
1	0,02 ± 0,002
2	0,036 ± 0,002*
3	0,062 ± 0,002*
4	0,018 ± 0,001***

* $p \leq 0,05$.

*** $p \leq 0,001$.

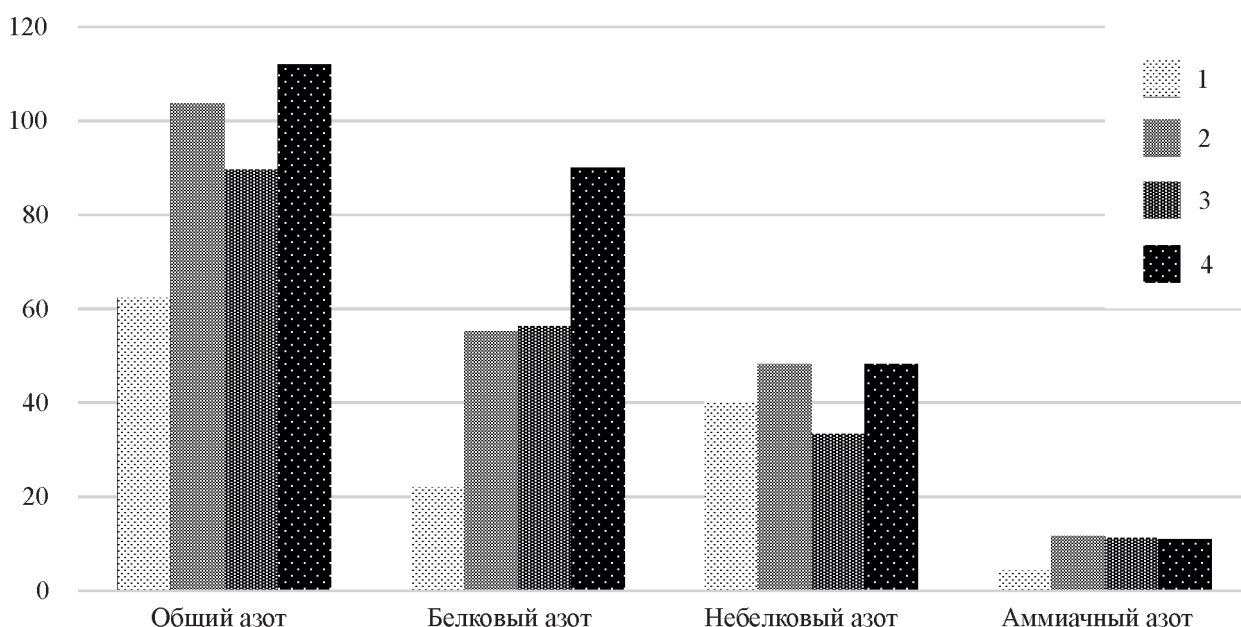
способности ферментации углеводов. Насколько они способны преобразовать корм, будет влиять на образование различных белковых фракций. В нашем исследовании включение 7-гидроксикумарина в сочетании с лузгой подсолнечника, подверженной ультразвуковому воздействию (образец № 4), способствовало увеличению общего азота на 44,4% ($p \leq 0,01$), белкового – на 75,6 ($p \leq 0,05$), аммиачного – на 58,8% ($p \leq 0,05$) относительно контроля. При добавлении гамма-окталактона в образец № 2 значения для азотистых фракций также были выше, чем в контроле, для общего азота на 39,8% ($p \leq 0,05$), белкового – на 60,2 ($p \leq 0,01$), небелковой формы азота – на 16,5%, аммиачной формы содержалось больше на 63,7% ($p \leq 0,05$). Концентрация аммиачного азота в образцах

№ 2–4 находилась приблизительно на одном уровне, в среднем разница составила 1,7% ($p \leq 0,05$) (см. рисунок).

Анализ литературы показывает, что ранее проведены аналогичные исследования по повышению ценности шелухи какао, одного из основных побочных продуктов процесса обжарки, с целью повышения эффективности извлечения соединений с высокой добавленной стоимостью с помощью ультразвука и гидродинамической кавитации. Данные методы позволяют получать ценные экстракты, которые богаты антиоксидантными флаванолами (катехинами и эпикатехинами), теобромном ($32,7 \pm 0,12$ мг/г скорлупы), кофеином ($1,76 \pm 0,08$ мг/г скорлупы) и маслом какао [11].

Кроме того, изучена возможность использования активированного ультразвука для очистки сена от бактериального загрязнения. Результаты показали, что воздействие на него ультразвука в течение 60 с способно удалить бактериальные загрязнения на 87,94% [12].

Результаты проведенных исследований на животных *in vitro* согласуются с данными, полученными другими авторами [13]. Так, экстракты растений способны решить проблемы с улучшением усвояемости, характеристик ферментации и сокращением выбросов парниковых газов для защиты окружающей среды. Листья *Azadirachta indica*, *Moringa*



Концентрация азотистых метаболитов в рубцовой жидкости, мг/%

Concentration of nitrogenous metabolites in the scar fluid, mg/%

oleifera, *Ocimum gratissimum* и специи (луковица *Allium sativum*), корневище *Zingiber officinale* использовали в качестве добавок в различных концентрациях (50, 100 и 150 мкл) к кукурузному субстрату для производства биогаза *in vitro*. Растения оказали выраженное смягчающее воздействие на давление и объем произведенного биогаза.

Экстракты трав и специй в качестве кормовых добавок снижают образование метана в рубце и улучшают характеристики ферментации у западноафриканских карликовых овец [14]. Замена зерна кукурузы шелухой сои (сельскохозяйственные остатки) в присутствии экстракта *M. oleifera* может уменьшить выбросы парниковых газов и улучшить пищеварение в исследовании на бычках буйволов [15].

В эксперименте на мясном скоте, выращиваемым на откормочных площадках Испании [16], шесть эфирных масел (чайного дерева – TetR, орегано – Ore, бутонов гвоздики – Clo, тимьяна – Thy, розмарина – Ros и шалфея – Sag) в эксперименте 1 и различные комбинации выбранных масел в эксперименте 2 оценивали в четырех дозах в системе микробиологической ферментации *in vitro* с использованием рубцовой жидкости мясного скота, полученного в рационе солома : концентрат (10 : 90). В эксперименте 1 TetR, Ore, Clo и Thy улучшили профиль ферментации рубца в направлении, соответствующем лучшему использованию корма. В эксперименте 2 TetR, смешанный с Thy, Ore, Thy + Ore или Clo при 200 и 400 мг/л, увеличивал молярную долю пропионата и уменьшал молярную долю ацетата, а также отношение ацетата к пропионату.

Полученные эффекты в описанных выше работах согласуются с результатами наших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценка вторичных продуктов масленичных культур, в частности лузги подсолнечника, в качестве корма для крупного рогатого скота показала, что предварительная ее обработка ультразвуком в сочетании с биологическими активными веществами (гамма-окталактон, кверцетин, 7-гидроксикумарин)

повышает переваримость сухого вещества от 2,0 ($p \leq 0,05$) до 4,3% ($p \leq 0,05$) в сравнении с контролем, а также увеличивает образование летучих жирных кислот и азотистых фракций в рубцовом содержимом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vlasenko E., Kuznetsova O. The influence of complex additives on the synthesis of aroma substances by gray oyster culinary-medicinal mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Agaricomycetes) during the substrate cultivation // International Journal of Medicinal Mushrooms. 2020. Vol. 22 (3). P. 305–311. DOI: 10.1615/IntJMedMushrooms.2020033977.
2. Gluba Ł., Rafalska-Przysucha A., Szewczak K., Łukowski M., Szlęzak R., Vitková J., Kobyłecki R., Bis Z., Wichliński M., Zarzycki R., Andrzej K., Usowicz B. Effect of fine size-fractionated sunflower husk biochar on water retention properties of arable sandy soil // Materials (Basel). 2021. Vol. 14 (6). P. 1335–1350. DOI: 10.3390/ma14061335.
3. Mpendulo T., Chimonyo M., Ndou P.S., Bakare A.G. Fiber source and inclusion level affects characteristics of excreta from growing pigs // Asian-Australasian Journal of Animal Science. 2018. Vol. 31 (5). P. 755–762. DOI: 10.5713/ajas.14.0611.
4. Geneau-Sbartai C., Leyris J., Françoise S., Rigal L. Sunflower cake as a natural composite: composition and plastic properties // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. Vol. 56 (23). P. 11198–11208. DOI: 10.1021/jf8011536.
5. Yausheva E., Kosyan D., Duskaev G., Kvan O., Rakhmatullin S. Evaluation of the impact of plant extracts in different concentrations on the ecosystem of broilers' intestine // Biointerface Research in Applied Chemistry. 2019. Vol. 9 (4). P. 4168–4171. DOI: 10.33263/BRIAC94.168171.
6. Wu D., Vinitchaikul P., Deng M., Zhang G., Sun L., Gou X., Mao H., Yang S. Host and altitude factors affect rumen bacteria in cattle // Brazilian Journal of Microbiology. 2020. Vol. 51 (4). pp. 1573–1583. DOI: 10.1007/s42770-020-00380-4.
7. Khatoon M., Patel S.H., Pandit R.J., Jakhesara S.J., Rank D.N., Joshi C.G., Kunjadiya A.P. Rumen and fecal microbial profiles in cattle fed high lignin diets using metagenome analysis // Anaerobe. 2022. Vol. 73. P. 102508–102518. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2021.102508.
8. Xu Q., Zhong H., Zhou J., Wu Y., Ma Z., Yang L., Wang Z., Ling C., Li X. Lignin degradation by

- water buffalo // *Tropical Animal Health and Production*. 2021. Vol. 53 (3). P. 344–352. DOI: 10.1007/s11250-021-02787-z.
9. Raffrenato E., Fievisohn R., Cotanch K.W., Grant R.J., Chase L.E., Van Amburgh M.E. Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on *in vitro* and *in vivo* neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages // *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100 (10). P. 8119–8131. DOI: 10.3168/jds.2016-12364.
 10. Foskolos A., Ferret A., Siurana A., Castillejos L., Calsamiglia S. Effects of capsicum and propylpropane thiosulfonate on rumen fermentation, digestion, and milk production and composition in dairy cows // *Animals*. 2020. Vol. 10. P. 859 – 868. DOI: 10.3390/ani10050859.
 11. Grillo G., Boffa L., Binello A., Mantegna S., Cravotto G., Chemat F., Dizhbite T., Lauberte L., Telysheva G. Cocoa bean shell waste valorisation; extraction from lab to pilot-scale cavitation reactors // *Food Research International*. 2019. Vol. 115. P. 200–208. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.08.057.
 12. Chong W.Y., Cox C., Secker T.J., Keevil C.W., Leighton T.G. Improving livestock feed safety and infection prevention: Removal of bacterial contaminants from hay using cold water, bubbles and ultrasound // *Ultrasonics Sonochemistry*. 2021. Vol. 71. P.105372–105383. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2020.105372.
 13. Faniyi T.O., Prates Ê.R., Adegbeye M.J., Adewumi M.K., Elghandour M.M.M.Y., Salem A.Z.M., Ritt L.A., Zubietta A.S., Stella L., Ticiani E., Jack A.A. Prediction of biogas and pressure from rumen fermentation using plant extracts to enhance biodigestibility and mitigate biogases // *Environmental Science*. 2019. Vol. 26 (26). P. 27043–27051. DOI: 10.1007/s11356-019-05585-1.
 14. Faniyi T.O., Adewumi M.K., Jack A.A., Adegbeye M.J., Elghandour M.M.M.Y., Barbabosa-Pliego A., Salem A.Z.M. Extracts of herbs and spices as feed additives mitigate ruminal methane production and improve fermentation characteristics in West African Dwarf sheep // *Tropical Animal Health and Production*. 2021. Vol. 53 (2). P. 312–320. DOI: 10.1007/s11250-021-02751-x.
 15. Parra-Garcia A., Elghandour M.M.M.Y., Greiner R., Barbabosa-Pliego A., Camacho-Diaz L.M., Salem A.Z.M. Effects of Moringa oleifera leaf extract on ruminal methane and carbon dioxide production and fermentation kinetics in a steer model // *Environmental Science and Pollution Research*. 2019. Vol. 26 (15). P. 15333–15344. DOI: 10.1007/s11356-019-04963-z.
 16. Fandiño I., Fernandez-Turren G., Ferret A., Moya D., Castillejos L., Calsamiglia S. Exploring additive, synergistic or antagonistic effects of natural plant extracts on *in vitro* beef feedlot-type rumen microbial fermentation conditions // *Animals (Basel)*. 2020. Vol. 10 (1). P. 17–28. DOI: 10.3390/ani10010173.

REFERENCES

1. Vlasenko E., Kuznetsova O. The influence of complex additives on the synthesis of aroma substances by gray oyster culinary-medicinal mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Agaricomycetes) during the substrate cultivation. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 2020, vol. 22 (3), pp. 305–311. DOI: 10.1615/IntJMedMushrooms.2020033977.
2. Gluba Ł., Rafalska-Przysucha A., Szewczak K., Łukowski M., Szlęzak R., Vitková J., Kobyłecki R., Bis Z., Wichliński M., Zarzycki R., Andrzej K., Usowicz B. Effect of fine size-fractionated sunflower husk biochar on water retention properties of arable sandy soil. *Materials (Basel)*, 2021, vol. 14 (6), pp. 1335–1350. DOI: 10.3390/ma14061335.
3. Mpendulo T., Chimonyo M., Ndou P.S., Bakare A.G. Fiber source and inclusion level affects characteristics of excreta from growing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 2018, vol. 31 (5), pp. 755–762. DOI: 10.5713/ajas.14.0611.
4. Geneau-Sbartai C., Leyris J., Françoise S., Rigal L. Sunflower cake as a natural composite: composition and plastic properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, vol. 56 (23), pp. 11198–11208. DOI: 10.1021/jf8011536.
5. Yausheva E., Kosyan D., Duskaev G., Kvan O., Rakhmatullin S. Evaluation of the impact of plant extracts in different concentrations on the ecosystem of broilers' intestine. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 2019, vol. 9 (4), pp. 4168–4171. DOI: 10.33263/BRIAC94.168171.
6. Wu D., Vinitchaikul P., Deng M., Zhang G., Sun L., Gou X., Mao H., Yang S. Host and altitude factors affect rumen bacteria in cattle // *Brazilian Journal of Microbiology*, 2020, vol. 51 (4), pp. 1573–1583. DOI: 10.1007/s42770-020-00380-4.
7. Khatoon M., Patel S.H., Pandit R.J., Jakhesara S.J., Rank D.N., Joshi C.G., Kunjadiya A.P. Rumen and fecal microbial profiles in cattle fed high lignin diets using metagenome analysis. *An-*

- aerobe*, 2022, vol. 73, pp. 102508–102518. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2021.102508.
8. Xu Q., Zhong H., Zhou J., Wu Y., Ma Z., Yang L., Wang Z., Ling C., Li X. Lignin degradation by water buffalo. *Tropical Animal Health and Production*, 2021, vol. 53 (3), pp. 344–352. DOI: 10.1007/s11250-021-02787-z.
 9. Raffrenato E., Fievisohn R., Cotanch K.W., Grant R.J., Chase L.E., Van Amburgh M.E. Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on *in vitro* and *in vivo* neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages. *Journal of Dairy Science*, 2017, vol. 100 (10), pp. 8119–8131. DOI: 10.3168/jds.2016-12364.
 10. Foskolos A., Ferret A., Siurana A., Castillejos L., Calsamiglia S. Effects of capsicum and propylpropane thiosulfonate on rumen fermentation, digestion, and milk production and composition in dairy cows. *Animals*, 2020, vol. 10, pp. 859–868. DOI: 10.3390/ani10050859.
 11. Grillo G., Boffa L., Binello A., Mantegna S., Cravotto G., Chemat F., Dizhbite T., Lauberte L., Telysheva G. Cocoa bean shell waste valorisation; extraction from lab to pilot-scale cavitation reactors. *Food Research International*, 2019, vol. 115, pp. 200–208. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.08.057.
 12. Chong W.Y., Cox C., Secker T.J., Keevil C.W., Leighton T.G. Improving livestock feed safety and infection prevention: Removal of bacterial contaminants from hay using cold water, bubbles and ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2021, vol. 71, pp. 105372–105383. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2020.105372.
 13. Faniyi T.O., Prates Ê.R., Adegbeye M.J., Adewumi M.K., Elghandour M.M.M.Y., Salem A.Z.M., Ritt L.A., Zubieta A.S., Stella L., Ticiani E., Jack A.A. Prediction of biogas and pressure from rumen fermentation using plant extracts to enhance biodigestibility and mitigate biogases. *Environmental Science*, 2019, vol. 26 (26), pp. 27043–27051. DOI: 10.1007/s11356-019-05585-1.
 14. Faniyi T.O., Adewumi M.K., Jack A.A., Adegbeye M.J., Elghandour M.M.M.Y., Barbabosa-Pliego A., Salem A.Z.M. Extracts of herbs and spices as feed additives mitigate ruminal methane production and improve fermentation characteristics in West African Dwarf sheep. *Tropical Animal Health and Production*, 2021, vol. 53 (2), pp. 312–320. DOI: 10.1007/s11250-021-02751-x.
 15. Parra-Garcia A., Elghandour M.M.M.Y., Greiner R., Barbabosa-Pliego A., Camacho-Diaz L.M., Salem A.Z.M. Effects of Moringa oleifera leaf extract on ruminal methane and carbon dioxide production and fermentation kinetics in a steer model. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, vol. 26 (15), pp. 15333–15344. DOI: 10.1007/s11356-019-04963-z.
 16. Fandiño I., Fernandez-Turren G., Ferret A., Moya D., Castillejos L., Calsamiglia S. Exploring additive, synergistic or antagonistic effects of natural plant extracts on *in vitro* beef feedlot-type rumen microbial fermentation conditions. *Animals* (Basel), 2020, vol. 10 (1), pp. 17–28. DOI: 10.3390/ani10010173.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мирошников С.А., член-корреспондент РАН, научный сотрудник

Дускаев Г.К., доктор биологических наук, заместитель директора, ведущий научный сотрудник

Шейда Е.В., научный сотрудник, кандидат биологических наук

✉ **Рязанов В.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 460000, Оренбург, ул. 9 января, д. 29, ФНИЦ биологических систем и агробιοтехнологий; e-mail: vita7456@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

Sergey A. Miroshnikov, Corresponding Member RAS, Researcher

Galimzhan K. Duskaev, Doctor of Science in Biology, Deputy Director, Lead Researcher

Elena V. Sheida, Researcher, Candidate of Science in Biology

✉ **Vitaly A. Ryazanov**, Candidate of Sciences in Agriculture, Researcher; **address:** Federal Research Center for Biological Systems and Agrobiotechnology, 29, 9th January St., Orenburg, 460000, Russia; e-mail: vita7456@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 15.04.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 02.06.2022
Дата публикации / Published 25.07.2022



ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ КЛЕВЕРА ПАННОНСКОГО СОРТА ПРЕМЬЕР В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

✉ **Боголюбова Е.В.**

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская обл., р.п. Краснообск, Россия*

✉ e-mail: elenabogolyubova@yandex.ru

Проведены исследования по влиянию приемов возделывания на урожайность зеленой массы и структуру травостоя многолетнего кормового растения клевера паннонского Премьер в лесостепи Западной Сибири. Для исследования заложен трехфакторный опыт. Изучено влияние сроков посева весеннего под покров овса (II декада мая) и летнего беспокровного (II декада июля), способов посева – рядового (15 см) и широкорядного (60 см) и двух норм высева – 1 и 2 млн всхожих семян на 1 га. Показано, что на второй год жизни у клевера еще не формируется хозяйственно значимый уровень урожайности надземной массы вследствие биологических особенностей. В то же время именно в этот год прослеживается влияние разных приемов возделывания. Лучший результат получен при посеве весной рядовым способом – 35 ц сухой массы/га. При переходе растений во взрослое генеративное состояние, начиная с третьего года, отмечено возрастание урожайности на всех вариантах опыта до 80–100 ц/га за счет увеличения высоты и густоты стояния наиболее продуктивных генеративных побегов. Интенсивность побегообразования различалась по вариантам. Самая высокая отмечена на низкопродуктивных с наименьшим числом генеративных побегов второго года летних широкорядных посевах. Отмечена способность клевера паннонского к саморегуляции густоты стояния побегов в зависимости от площади питания. В результате к четвертому году жизни нивелировались различия по урожайности травостоя между весенним и летним сроками посева, низкой и высокой (1 и 2 млн шт./га) нормами высева, рядовым и широкорядным способами посева.

Ключевые слова: клевер паннонский, способы возделывания, генеративный и вегетативный побег, густота стояния побегов, урожайность зеленой массы, Западная Сибирь

INFLUENCE OF CULTIVATION METHODS ON THE PREMIER CULTIVAR OF HUNGARIAN CLOVER YIELD IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

✉ **Bogolyubova E.V.**

*Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia*

✉ e-mail: elenabogolyubova@yandex.ru

Studies have been carried out on the influence of cultivation methods on the green mass yield and the herbage structure of the perennial fodder plant - Premier cultivar of Hungarian clover in the forest-steppe of Western Siberia. A three-factor experience was laid out for the study. The effect of the timing of sowing spring oats under a cover (II ten-day period of May) and summer coverless oats (II ten-day period of July), sowing methods - row (15 cm) and wide-row (60 cm) and two rates of seeding - 1 and 2 million germinated seeds per 1 ha was studied. It is shown that in the second year

of life, clover does not yet form an economically significant level of yield of aboveground mass due to biological features. At the same time, this is the year when the influence of different cultivation methods can be traced. The best result was obtained when sowing in the spring in a row - 35 cwt/ha of dry weight. In the transition of plants to the adult generative state, starting from the third year, an increase in the yield in all variants of the experiment to 80-100 c/ha due to the increase in height and density of the most productive generative shoots was recorded. The intensity of shoot formation differed by variants. The highest was noted on low-productive with the lowest number of generative shoots of the second year - summer wide-row crops. The ability of Hungarian clover to self-regulate the density of shoots depending on the feeding area was noted. As a result, by the fourth year of life, differences in herbage yield between spring and summer sowing dates, low and high (1 and 2 million pcs/ha) seeding rates, row and wide-row sowing methods were leveled.

Keywords: Hungarian clover, cultivation methods, generative and vegetative shoot, standing shoot density, green mass yield, Western Siberia

Для цитирования: Боголюбова Е.В. Влияние приемов возделывания на урожайность клевера паннонского сорта Премьер в лесостепи Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 79–86. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-9>. EDN UXLBGJ.

For citation: Bogolyubova E.V. Influence of cultivation methods on the premier cultivar of Hungarian clover yield in the forest-steppe of Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 79–86. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-9>. EDN UXLBGJ.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Поиск оптимальных приемов возделывания той или иной культуры направлен на создание условий, способствующих максимальному проявлению ее биологического потенциала. Важным требованием к создаваемым технологиям относится ресурсосбережение. Исходя из этих положений использование в сельскохозяйственном производстве, в частности в кормопроизводстве, многолетних бобовых растений актуально и перспективно. Одной из таких культур является клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.) – представитель флоры Юго-Западной и Восточной Европы (восточная граница ареала проходит в Карпатах). Благодаря высокой экологической пластичности успешно интродуцирован как на территориях, близких к местам его естественного произрастания, – Украине, Беларуси, так и удаленных – Урале, Западной Сибири^{1,2} [1]. Помимо таких положительных

свойств, как засухо- и морозоустойчивость, слабая поражаемость болезнями и вредителями, клевер паннонский обладает высокой побегообразовательной способностью. При свободном размещении к 5–6 годам жизни у него формируется зона возобновления до 30–40 см в диаметре с числом побегов более 200. В кусте имеются как генеративные, так и удлиненные вегетативные побеги. Соотношение тех и других зависит от погодных условий и, возможно, от приемов возделывания. Генеративные побеги, как правило, одноосные с верхушечным соцветием, при хорошем увлажнении могут ветвиться до 3–4 боковых побегов [2]. По кормовым достоинствам клевер паннонский не уступает клеверу луговому [3, 4]. К настоящему времени в России созданы три сорта клевера паннонского: Премьер (оригинаторы – Сибирский научно-исследовательский институт кормов и Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск), Аник

¹Ильина Е.А. Рост, развитие и продуктивность клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) как показатель успешной интродукции на Среднем Урале // Онтогенез травянистых поликарпических растений. Свердловск, 1986. С. 150–170.

²Купенко Н.П., Остапко И.Н. Интродукция клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) в Донецкий ботанический сад: материалы VIII Всерос. симпозиума по новым кормовым растениям. Сыктывкар, 1993. С. 92–93.

(Пензенская ГСХА) и Снежок (Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого³) [5, 6].

Как показали исследования, требования этой культуры для получения хозяйственно значимого урожая в различных почвенно-климатических условиях различаются⁴ [7, 8].

Для лесостепной зоны Западной Сибири оптимальные условия возделывания клевера паннонского Премьер разработаны недостаточно [9].

Цель исследования – изучить влияние приемов возделывания на урожайность и структуру травостоя клевера паннонского Премьер в лесостепной зоне Западной Сибири.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Опытный участок располагался в левобережной части Приобской лесостепи (Новосибирский район) (географические координаты: N 54°54'34.0", E 083°00'35.0"). По агроклиматическому районированию территория относится к умеренно теплому, недостаточно увлажненному подрайону (ГТК 1,0–1,2). Почва – серая лесная глинистая, бедная гумусом (1,70%), подвижным фосфором и обменным калием – 0,65 и 18,4 мг/100 г соответственно. Реакция почвенного раствора нейтральная⁵.

Для исследования заложен трехфакторный опыт. Изучено влияние сроков посева весеннего под покров овса (II декада мая) и летнего беспокровного (II декада июля), способов посева – рядового (15 см) и широкорядного (60 см) и двух норм высева – 1 и 2 млн всхожих семян на 1 га. Площадь опытных делянок 40 м², повторность трехкратная. Экспериментальный материал об-

работан статистически по Б.А. Доспехову с помощью прикладных программ Snedecor^{6,7}.

Наблюдения за посевами проводили в течение 7 лет, начиная с закладки опыта в 2015 г. Вегетационные сезоны отличались разнообразием. Наиболее благоприятные условия по увлажнению и температуре воздуха сложились в год закладки опыта, а также в 2017 и 2018 гг. В 2016, 2019, 2020 и 2021 гг. отмечены недостаток осадков и повышенная температура воздуха в весенне-раннелетний период, что неблагоприятно отразилось на развитии клевера.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Клевер паннонский – многолетняя культура, поэтому в первые 2 года жизни его надземная часть развивается медленно, поскольку в это время интенсивно формируется корневая система, на которую расходуется до 22% ассимилянтов⁸. В наших исследованиях при весеннем посеве под покров овса, убранного на зеленую массу в фазе колошения, клевер испытывал значительное затенение. Благоприятное увлажнение в раннелетний период в год посева способствовало мощному развитию овса, достигшего к моменту уборки 95–114 см высоты с урожайностью 46,6 ц/га сухого вещества. К концу вегетации у растений весеннего срока сева на главном побеге сформировалось 6–9 листьев, часть особей перешла к стеблеванию, что повлияло на увеличение средней высоты растений до 12 см. Кущения почти не наблюдалось, развиты были только боковые почки.

При летнем сроке сева к концу вегетации растения достигли высоты 8–9 см, на укороченном главном побеге отросло 5–6 листьев

³Грипась М.Н., Арзамасова Е.Г., Попова Е.В. Интродукция клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) в условиях европейского Северо-Востока России // Актуальные и новые направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2017. С. 108–110.

⁴Пенкина Е.В. Продуктивность клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) в зависимости от приемов возделывания в лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Пенза, 2010. 19 с.

⁵Якутина О.П., Боголюбова Е.В., Нечаева Т.В., Смирнова Н.В., Танасиенко А.А., Чумбаев А.С. Оценка плодородия почв при выращивании клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) на юге Западной Сибири // Почвенные ресурсы Сибири: вызовы XXI века. Томск: Издательский дом Томского гос. ун-та, 2017. С. 230–234. DOI: 10.17223/9785946216453/54.

⁶Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 267 с.

⁷Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.

⁸Багаутдинова Р.И. Фотосинтез, рост и продуктивность клевера паннонского разных лет жизни // Рост, развитие и продуктивность травянистых кормовых растений. Свердловск, 1987. С. 105–112.

и у большинства наблюдалось кущение – формирование 3–4 боковых побегов. По количеству растений на единицу площади весенний срок посева под влиянием покровной культуры уступал летнему беспокровному в 1,5–2,0 раза. В первый год к концу вегетации лучшим по количеству растений на единицу площади был летний рядовой посев при повышенной (2 млн/га) норме высева. Рядовые посевы превосходили ширококорядные в оба срока, но при летнем посеве различия составляли 1,5–2,0 раза, при весеннем – 2–3 раза.

На второй год жизни клевера на всех вариантах резко увеличилась густота стояния побегов. Отдельные растения в результате активного весеннего кущения выделить уже было невозможно, подсчитывали только побеги. Наиболее интенсивно побегообразование происходило в разреженных весенних посевах. Число побегов по сравнению с первым годом увеличилось здесь в 4,1–5,8 раза, что сократило различие с летними посевами

до несущественных. По-прежнему рядовые посевы превосходили ширококорядные по густоте в 1,8–2,5 раза, высокая норма высева – низкую в 1,1–1,3 раза. По общей густоте стояния побегов наши данные существенно отличались от таковых из Среднего Поволжья. Там в посевах второго года количество стеблей составило у клевера паннонского 558–758 шт./м², или в 1,5 раза больше, чем на наших вариантах, а на четвертый год достигло 1117–2276 шт./м²⁹ [10].

Кардинальные изменения на второй год жизни клевера произошли в структурном составе травостоя. На весенних посевах значительно увеличилось участие генеративных побегов – до 21–34%. На летних посевах этот показатель составил лишь 7–16% (см. таблицу).

Наибольшее количество генеративных побегов отмечено на весенних рядовых посевах – 119–126 шт./м², на одноименных летних – лишь 48–56 шт./м². Эту же тенденцию

Влияние агротехнических приемов на густоту стояния особей и побегов у клевера паннонского Премьер

The influence of agricultural practices on the individual and shoot density in the Premier cultivar of Hungarian clover

Способ посева	Норма высева, млн/га	Побеги						
		Год жизни клевера						
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й
Весенний срок посева под покров овса (II декада мая)								
Рядовой (15 см)	1	65	<u>375</u> 31,8	<u>520</u> 71,3	<u>629</u> 56,4	<u>497</u> 58,3	<u>527</u> 64,9	<u>658</u> 54,2
	2	102	<u>401</u> 31,5	<u>665</u> 69,0	<u>685</u> 51,5	<u>602</u> 54,1	<u>555</u> 54,9	<u>696</u> 47,0
Широкорядный (60 см)	1	34	<u>188</u> 34,0	<u>404</u> 65,3	<u>541</u> 61,3	<u>502</u> 68,9	<u>437</u> 67,4	<u>552</u> 57,7
	2	39	<u>159</u> 21,0	<u>409</u> 73,7	<u>431</u> 69,4	<u>467</u> 68,0	<u>511</u> 70,2	<u>533</u> 62,2
Летний беспокровный посев (II декада июля)								
Рядовой (15 см)	1	82	<u>362</u> 16,3	<u>599</u> 66,2	<u>602</u> 60,5	<u>541</u> 58,1	<u>516</u> 64,4	<u>627</u> 60,3
	2	156	<u>458</u> 10,6	<u>658</u> 62,6	<u>650</u> 55,9	<u>541</u> 55,5	<u>584</u> 57,5	<u>683</u> 55,1
Широкорядный (60 см)	1	61	<u>201</u> 8,2	<u>460</u> 68,8	<u>502</u> 65,9	<u>499</u> 68,1	<u>504</u> 69,6	<u>545</u> 68,9
	2	89	<u>224</u> 7,1	<u>403</u> 65,0	<u>563</u> 63,9	<u>535</u> 66,1	<u>500</u> 67,6	<u>549</u> 53,4
НСР ₀₅		7,6	32,8	53,0	47,6	47,2	44,4	53,4

Примечание. В числителе – общее число побегов, шт./м², в знаменателе – доля генеративных побегов в общем составе травостоя, %.

⁹Куликов Д.И. Приемы возделывания клевера паннонского в условиях Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Пенза, 2009. 19 с.

наблюдали на широкорядных посевах с разницей в количестве побегов – 51–64 шт./м² при посеве весной и 16–17 шт./м² при летнем посеве.

Соответственно густоте стояния генеративных побегов различалась урожайность травостоя по вариантам опыта, поскольку эти два показателя тесно коррелируют ($r = 0,83$). Объясняется это большей высотой и массой генеративного побега по сравнению с вегетативным. Так, масса генеративного побега у клевера паннонского Премьер на второй год жизни составила 1,52–2,05 г при высоте 45–54 см. В последующие годы при переходе растений во взрослое генеративное состояние и достижении высоты 80–100 см масса этого типа побега увеличилась до 2,38–3,00 г. Масса вегетативного побега по годам менялась незначительно и составляла 0,41–0,61 г. В Среднем Поволжье в посевах клевера паннонского масса генеративного побега не превышала 1,0 г.

Различия в густоте стояния генеративных побегов на второй год жизни привели к существенной разнице в урожайности травостоя по вариантам опыта. Самый высокий сбор надземной массы отмечен на весенних рядовых посевах – 35 ц/га сухого вещества, наименьшая урожайность – на летних широкорядных посевах – 12–15 ц/га. В целом летние посевы уступали весенним в 1,1–1,8 раза.

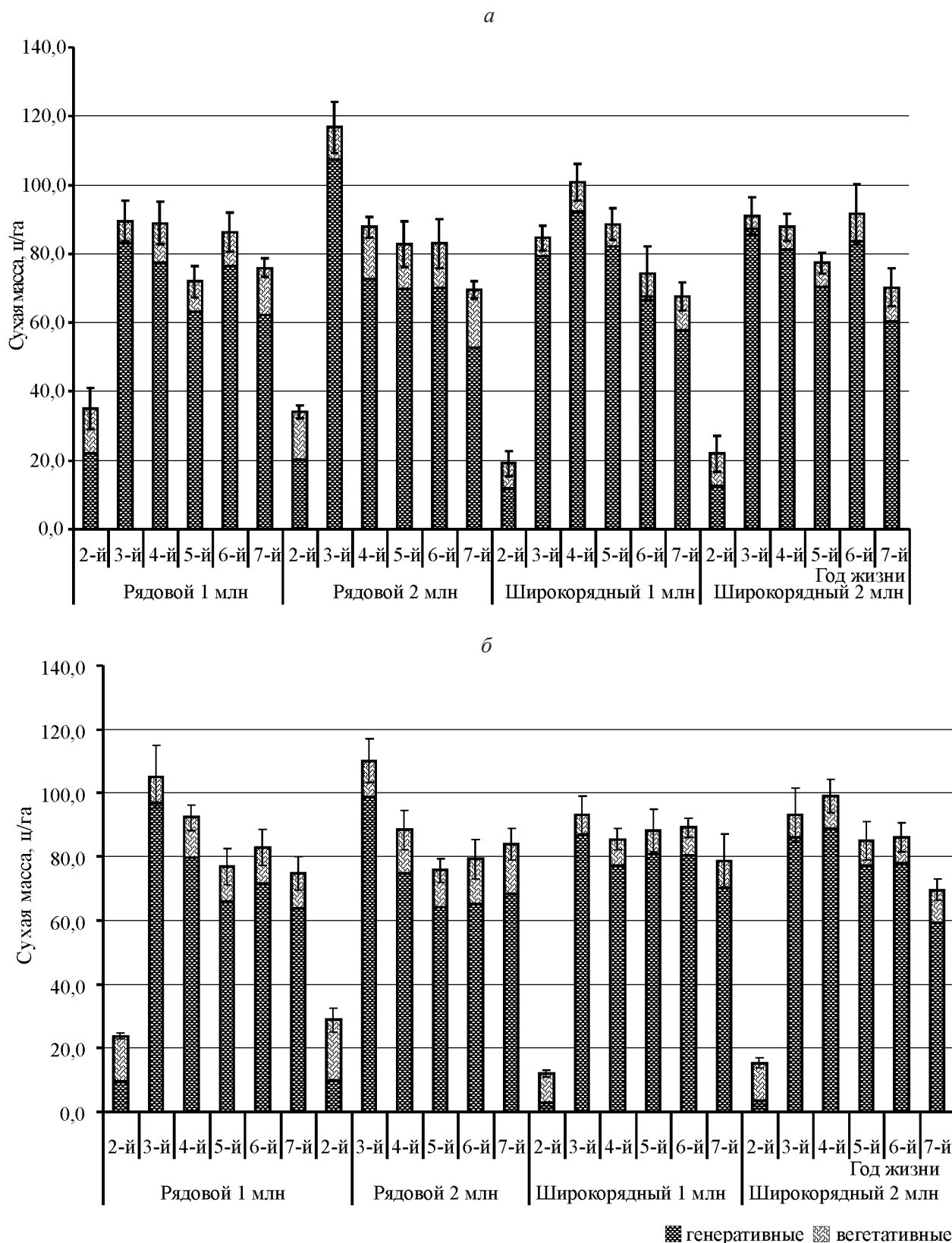
На третий год жизни урожайность посевов клевера паннонского выросла по сравнению со вторым годом в 2,5–7,8 раза. Наименьшее увеличение отмечено на лучших вариантах второго года – весенних рядовых посевах, наибольшее – на самых низкопродуктивных вариантах предыдущего года – летних широкорядных посевах. В результате наблюдали нивелирование урожайности при разных приемах возделывания. Так, до незначительных сократилось влияние сроков посева и норм высева. По-прежнему сохранилось влияние только способов посева – широкорядные уступали рядовым – 90,4 и 105,3 ц/га соответственно.

Высокие показатели урожайности на третий год жизни отразили взрывоподобное

увеличение густоты стояния генеративных побегов. По вариантам увеличение было неравномерным. На весенних посевах оно возросло в 3–6 раз, на летних – в 7–20. Наибольшее увеличение отмечено на летних широкорядных посевах с самым низким показателем числа генеративных побегов во второй год. В молодом генеративном возрастном состоянии ярко проявилась способность клевера к достижению устойчивого сбалансированного состояния по отношению к площади питания и погодным условиям. Помимо увеличения числа генеративных побегов, высокой урожайности на третий год способствовали благоприятные погодные условия – теплая с достаточным увлажнением первая половина вегетационного сезона (см. рисунок).

В последующие годы условия начала сезона складывались неблагоприятно. Недостаток увлажнения в весенние месяцы сопровождался поздними возвратными заморозками, что отрицательно сказалось на развитии генеративной сферы на рядовых посевах. Несмотря на то, что общая густота побегов к четвертому году жизни клевера при этом способе посева еще немного увеличилась, но участие в их составе генеративных побегов снизилось на 21–27%, или от 370–450 до 290–325 шт./м². В то же время на широкорядных посевах количество генеративных побегов, напротив, увеличилось и сравнялось по густоте с рядовыми посевами. Эта противоположно направленная динамика привела к нивелированию показателей урожайности зеленой массы не только при разных сроках и нормах высева, но и способах посева – 81–85 ц сухой массы/га.

Начиная с четвертого года жизни клевера существенных различий по урожайности зеленой массы по вариантам опыта не отмечено. Однако наблюдалось постепенное снижение по годам сбора надземной массы. Урожайность на седьмой год составила лишь 73–85% по сравнению с самым урожайным третьим годом, или 68–78 ц/га (сухое вещество). Густота стояния наиболее продуктивных генеративных побегов сохранялась в течение этих лет на постоянном уровне



Влияние приемов возделывания на урожайность зеленой массы клевера паннонского Премьер:

a – весенний срок посева; *б* – летний

Influence of cultivation methods on the Premier cultivar of Hungarian clover green mass yield:

a - spring sowing period; *б* - summer sowing period

четвертого года, а падение продуктивности, наиболее заметное на седьмой год, объясняется снижением массы генеративного побега от 2,00–2,30 до 1,70–1,90 г, что, вероятнее всего, связано с очень неблагоприятными условиями в начале вегетации.

Наряду с выравненностью вариантов по урожайности надземной массы на протяжении последних лет наблюдений отмечено различие в структуре травостоя при разных способах посева. На рядовых посевах неизменно сохранялось повышенное долевое участие вегетативных побегов – 12–17% по сравнению с широкорядными – 8–10%.

Изучение агротехники выращивания клевера паннонского Премьер в лесостепи Западной Сибири показало его хорошую приспособляемость, устойчиво высокий уровень урожайности зеленой массы в течение более 5 лет при нивелировании с годами влияния разных приемов возделывания.

ВЫВОДЫ

1. Хозяйственно значимая урожайность зеленой массы у клевера паннонского Премьер (80–100 ц сухого вещества/га) в лесостепной зоне Западной Сибири формируется начиная с третьего года жизни и поддерживается на высоком уровне в течение более 5 лет.

2. Способность клевера паннонского Премьер к саморегуляции густоты стояния побегов в зависимости от площади питания к четвертому году жизни нивелирует влияние сроков, норм и способов посева на урожайность зеленой массы.

3. На фоне отсутствия различий по урожайности надземной массы под влиянием приемов возделывания в структуре травостоя клевера паннонского Премьер на рядовых посевах по сравнению с широкорядными отмечено более высокое участие вегетативных побегов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецова Г.В., Пленник Р.Я., Рябой Ю.С. Интродукция клевера паннонского в лесостепи Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1986. № 6. С. 42–45.

2. Жмудь Е.В. Онтогенез *Trifolium pannonicum* Jacq. в условиях интродукции в лесостепи Западной Сибири // Бюллетень Главного ботанического сада. 2000. Вып. 179. С. 98–103.
3. Petrović M.P., Stanković M.S., Anđelković B.S., Babić S.Ž., Zornić V.G., Vasiljević S.Lj., Dajić-Stevanović Z.P. Quality Parameters and Antioxidant Activity of Three Clover Species in Relation to the Livestock Diet // Bot. Horti Agrobi. 2016. Vol. 44 (1). P. 201–208.
4. Vymyslicky T. Minor forage legume crop genetic resources // Legume Perspectives. 2015. N. 6. P. 9–11.
5. Боголюбова Е.В., Азаркова З.В. Сорт клевера паннонского Премьер // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 2. С. 26–32.
6. Кишикаткина А.Н., Гришин Г.Е., Горбунов М.В. Формирование бобово-ризобияльного симбиоза клевера паннонского сорта Аник в зависимости от приемов возделывания // Нива Поволжья. 2016. № 3 (40). С. 39–48.
7. Кишикаткина А.Н., Горбунов М.В. Ресурсосберегающая технология возделывания клевера паннонского на выщелоченном черноземе Среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2016. № 2 (39). С. 35–40.
8. Красноперов А.Г., Буянкин Н.И., Чекстер Н.Ю. Новый вид клевера (*Trifolium pannonicum* Jacq.) для кормопроизводства Калининградской области // Кормопроизводство. 2018. № 7. С. 25–30.
9. Белинский О.А., Боярский А.В., Нурлыгаянов Р.Б. Влияние способов посева на урожайность и питательность посевов клевера паннонского // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 1 (361). С. 27–30. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-11007.
10. Кишикаткина А.Н. Клевер паннонский: монография. Пенза: издательство Пензенской государственной сельскохозяйственной академии, 2015. 318 с.

REFERENCES

1. Kuznetsova G.V., Plennik R.Ya., Ryaboi Yu.S. Introduction of Hungarian clover in the forest-steppe of Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 1986, no. 6, pp. 42–45. (In Russian).

2. Zhmud' E.V. Ontogenesis of *Trifolium pannonicum* Jacq. under introduction conditions in the forest-steppe of Western Siberia. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada = Bulletin Main botanical garden*, 2000, Is. 179, pp. 98–103. (In Russian).
3. Petrović M.P., Stanković M.S., Anđelković B.S., Babić S.Ž., Zornić V.G., Vasiljević S.Lj., Dajić-Stevanović Z.P. Quality Parameters and Antioxidant Activity of Three Clover Species in Relation to the Livestock Diet. *Bot. Horti Agrobo*, 2016, vol. 44 (1), pp. 201–208.
4. Vymyslicky T. Minor forage legume crop genetic resources. *Legume Perspectives*, 2015, no. 6, pp. 9–11.
5. Bogolyubova E.V., Agarkova Z.V. Premier cultivar of Hungarian clover. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2014, no. 2, pp. 26–32. (In Russian).
6. Kshnikatkina A.N., Grishin G.E., Gorbunov M.V. Formation of legume-rhizobium symbiosis of clover pannonian variety Anik depending on methods of cultivation. *Niva Povolzh'ya = Volga Region Farmland*, 2016, no. 3 (40), pp. 39–48. (In Russian).
7. Kshnikatkina A.N., Gorbunov M.V. Resource-saving cultivation technology of clover pannonian on leached black soils of Middle Volga region. *Niva Povolzh'ya = Volga Region Farmland*, 2016, no. 2 (39), pp. 35–40. (In Russian).
8. Krasnoperov A.G., Buyankin N.I., Chekster N.Yu. New clover species (*Trifolium pannonicum* Jacq.) for feed production in the Kaliningrad region. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*, 2018, no. 7, pp. 25–30. (In Russian).
9. Belinskii O.A., Boyarskii A.V., Nurlygayanova R. Influence of sowing methods on the yield and nutritional value of clover pannonian sowings. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International Agricultural Journal*, 2018, no. 1 (361), pp. 27–30. (In Russian). DOI: 10.24411/2587-6740-2018-11007.
10. Kshnikatkina A.N. *Clover Pannonian*. Penza: Penza State Agricultural Academy Publishers, 2015, 318 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Боголюбова Е.В.**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: elenabogolyubova@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Elena V. Bogolyubova**, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: elenabogolyubova@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the 07.04.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 26.05.2022
Дата публикации / Published 25.07.2022

ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ АГРОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

✉ Шаманин А.А., Попова Л.А.

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук

Архангельская область, пос. Луговой, Россия

✉ e-mail: arhniish@mail.ru

Исследования проведены в 2019–2021 гг. в условиях северной части Архангельской области. Цель исследований – изучение многолетних агрофитоценозов, состоящих из перспективных злаковых и бобовых трав, для улучшения кормовой базы в условиях северных регионов. Изучали травостой 3 лет жизни, сформированные из различных комбинаций злаковых и бобовых трав, определяли их продуктивность и участие компонентов травосмесей в формировании урожайности. Метеорологические условия в годы проведения исследований разнились. В 2019, 2020 гг. вегетационные периоды были избыточно увлажненными (гидротермический коэффициент (ГТК) 1,80 и 1,76), в 2021 г. период отмечен достаточно увлажненным (ГТК 1,38). Установлено, что в 1-й год жизни формирование урожая зеленой массы происходит за счет бобового компонента. При этом в структуре урожая клевера лугового содержится 73%, люцерны синей – 59–67%. В дальнейшем в фитоценозах наблюдают снижение участия бобовых трав в урожае, на 3-й год жизни содержание клевера лугового составило 15–20%, люцерны синей выпала из травостоя. Травостой, состоящий из овсяницы тростниковой и клевера лугового, выделился как наиболее продуктивный. Двухукосное использование данного агрофитоценоза позволяет в первые 2 года интенсивного пользования получить от 10,71 до 11,41 т сухого вещества/га, 114,12–129,01 ГДж обменной энергии/га и 1,43–1,51 т сырого протеина/га. Как наиболее перспективная культура выделилась овсяница тростниковая. При выпадении люцерны синей из травостоя вариант опыта с овсяницей тростниковой превосходит контрольный вариант по урожайности сухого вещества и выходу обменной энергии.

Ключевые слова: многолетние травы, овсяница тростниковая, клевер луговой, урожайность, структура урожая, сбор протеина, питательность зеленой массы

PRODUCTIVITY OF FODDER AGROCENOSES IN THE NORTHERN TERRITORIES OF THE ARKHANGELSK REGION

✉ Shamanin A.A., Popova L.A.

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Lugovoi settl., Arkhangelsk Region, Russia

✉ e-mail: arhniish@mail.ru

The studies were conducted in 2019–2021 in the conditions of the northern part of the Arkhangelsk region. The aim of the research is to study perennial agrophytocenoses consisting of promising cereals and legumes to improve the fodder base in the conditions of northern regions. Herbage grasses of 3 years of life formed from various combinations of cereals and legumes were studied, their productivity and participation of components of grass mixtures in the formation of yields were determined. Meteorological conditions varied during the years of the study. In 2019 and 2020, the growing seasons were excessively wet (hydrothermal coefficient (HTC) 1.80 and 1.76), in 2021, the period was noted as quite wet (HTC 1.38). It was found that in the 1st year of life the formation of green mass yield is due to the legume component. At the same time, 73% of red clover and 59–67% of alfalfa are contained in the structure of the crop. Later in the phytocenosis there is a decrease in the participation of leguminous grasses in the yield, in the 3rd year the content of red clover was 15–20%, alfalfa fell out of the herbage. The herbage, consisting of reed fescue and red clover, stood out as the most productive. Two-cuts use of this agrophytocenosis allows for the first 2 years of intensive

use to get from 10.71 to 11.41 t/ha of dry matter, 114.12-129.01 GJ/ha of exchange energy and 1.43-1.51 t/ha of crude protein. Reed fescue stands out as the most promising crop. When alfalfa falls out of the herbage, the experiment variant with reed fescue is superior to the control variant in dry matter yield and exchange energy yield.

Keywords: perennial grasses, reed fescue, red clover, productivity, crop structure, protein yield, nutritional value of green mass

Для цитирования: Шаманин А.А., Попова Л.А. Продуктивность кормовых агроценозов в условиях северных регионов Архангельской области // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 87–96. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-10>. EDN VSOQUM.

For citation: Shamanin A.A., Popova L.A. Productivity of fodder agroecosystems in the Northern territories of the Arkhangelsk region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 87–96. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-10>. EDN VSOQUM.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук» по теме FUUW-2021-0004.

Acknowledgments

The research was carried out within the framework of the state assignment of the N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences on the topic FUUW-2021-0004.

ВВЕДЕНИЕ

Северные территории Российской Федерации, в том числе Архангельская область, – регионы, где молочное животноводство является ведущей отраслью сельскохозяйственного производства. В связи с этим возникает необходимость создания прочной кормовой базы, в основе которой должны лежать высококачественные энергетически полноценные корма собственного производства в достаточном количестве и с низкой себестоимостью [1–3].

Исходя из того, что природно-климатические условия северных территорий не позволяют возделывать большинство высокоэнергетических культур, большое значение приобретают многолетние травы. Вследствие оптимального соотношения в сухом веществе обменной энергии и протеина многолетние растения превосходят другие культуры в кормовом отношении. При насыщении кормовых площадей многолетними травами наблюдается снижение расхода и себестоимости кормов на условную единицу продукции [4–7].

Внедрение многолетних трав в кормопроизводство способствует рациональному природопользованию, более полному использованию мелкоконтурности сельскохозяйственных угодий, управлению дернового процесса, улучшению физических, водно-физических свойств почвы, снижению применения минеральных удобрений, сокращению водной и ветровой эрозии почвы¹.

Многолетние травы в основном представлены растениями семейств бобовых и злаковых. Из бобовых культур можно получать наиболее выгодные корма, благодаря высокому содержанию в них белка. Однако вследствие их низкой сахаристости и энергонасыщенности, ухудшается сахаропротеиновое соотношение и снижается эффективность использования кормов. Создание травостоев из смесей злаковых и бобовых трав, в структуре которых доля бобового компонента должна быть на уровне 40–50%, позволит добиться оптимального соотношения протеина и сахара в кормах [8–10].

¹ Шпаков А.С., Бычков Г.Н. Специализация лесной зоны на производстве молочно-мясной продукции и ее средообразующая роль в агроэкосистемах // Продовольственная безопасность сельского хозяйства России в XXI веке. Жученковские чтения II: сб. научн трудов, вып. 11 (59). М.: Угрешская типография, 2016. С. 69–77.

Клевер луговой является основной бобовой культурой, используемой в агроценозах в условиях севера России. Злаковый компонент травостоев представлен овсяницей луговой, тимофеевкой луговой, кострцом безостым, лисохвостом луговым. В настоящее время актуальным стало внедрение в фитоценозы люцерны изменчивой. Исследования, проведенные в рамках расширения ассортимента кормовых культур для условий Архангельской области, позволили выявить ряд перспективных кормовых культур для создания высокопродуктивных травостоев. Сюда вошли клевер паннонский, люцерна синяя, овсяница тростниковая, овсяница восточная, арктополевица широколистная, полевица гигантская, черноголовник многобрачный [11–13].

Цель исследований – изучить многолетние агрофитоценозы, состоящие из перспективных злаковых и бобовых трав, для улучшения кормовой базы в условиях северных регионов Архангельской области.

Задачи исследования: изучение фенологии развития многолетних трав в травостоях первых 3 лет жизни; определение продуктивности фитоценозов и участия компонентов травосмесей в формировании урожайности; выделение наиболее перспективных злаково-бобовых травостоев.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Многолетние травостои изучали в полевом опыте в 2019–2021 гг. Место проведения эксперимента – ООО «Агрофирма "Холмогорская"», Холмогорский район Архангельской области. Объект исследований – травостои из злаковых и бобовых многолетних трав, представленных следующими видами и сортами: овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds) Северодвинская 130; клевер луговой (*Trifolium pretense* L.) Таёжник; овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea* Schreb) Балтика; люцерна синяя (*Medicago sativa* L.) Кевсала.

Травосмеси составлены по следующей схеме: овсяница луговая + клевер луговой (стандарт); овсяница луговая + люцерна синяя; овсяница тростниковая + клевер луго-

вой; овсяница тростниковая + люцерна синяя. Семена многолетних трав включены в травосмесь в следующих нормах: овсяница луговая – 7 кг/га, клевер луговой – 8, овсяница тростниковая – 6, люцерна синяя – 6 кг/га. Опыт заложен в четырехкратной повторности, размер делянки 10,5 м² (3,5 × 3,0 м).

Предшественник – викоовсяная смесь на силос с процентным соотношением бобового и злакового компонентов 40 и 60%. Подготовка почвы заключалась в дисковании осенью, вспашке весной и культивации перед посевом. Семена бобовых трав подвергли скарификации. Посев провели вручную 17–18 июня 2019 г. беспокровно рядовым способом с междурядьем 15 см. Почва опытного участка дерново-мелкоподзолистая супесчаная, содержание ОВ – 3,15%, рН_{сол} – 5,2, Р₂O₅ – 300 мг/кг почвы, К₂O – 458 мг/кг почвы.

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения исследований разнились (см. табл. 1). На протяжении 3 лет проведения исследований наблюдался сдвиг температур воздуха в сторону увеличения, хотя в 2019 г. среднесуточная температура воздуха в июле и августе отличалась от среднемноголетних значений на –1,9 и –1,6 °С соответственно. Наибольшее отклонение от среднемноголетнего значения отмечено в 2022 г. – в мае (+4,2 °С) и июне (+5,0 °С). В сложившихся условиях периоды вегетации 2019 и 2020 гг. отмечены как избыточно увлажненные (по Г.Т. Селянинову ГТК₂₀₁₉ = 1,80 и ГТК₂₀₂₀ = 1,76), период вегетации в 2021 г. – достаточно увлажненный (ГТК₂₀₂₁ = 1,38). Из особенностей погодных условий нужно отметить несколько моментов. В мае 2020 г. количество выпавших осадков превысило норму на 176% (+72,3 мм) с образованием на 13-е число снежного покрова высотой 6 см. В 2021 г. на фоне высоких температур воздуха мая и июня наблюдали пересыхание верхнего слоя почвы, сохранявшееся до середины августа.

Закладку опыта, наблюдения, учеты и отборы образцов осуществляли согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов^{2,3}. Анализ питательности

²Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

³Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: ВИЖ, 1987. 198 с.

Табл. 1. Метеорологические условия вегетационного периода 2019–2021 гг.**Table 1.** Meteorological conditions of the growing season 2019-2021

Показатель	Среднегодовое значение	2019 г.	Отклонение	2020 г.	Отклонение	2021 г.	Отклонение
Среднесуточная температура воздуха, °С	10,9	11,4	0,5	12,3	1,4	13,1	2,2
Май	5,9	9,0	3,1	6,9	1,0	10,1	4,2
Июнь	12,3	13,6	1,3	14,1	1,8	17,3	5,0
Июль	15,8	13,9	–1,9	17,3	1,5	17,3	1,5
Август	13,2	11,6	–1,6	13,2	0,0	14,4	1,2
Сентябрь	7,5	9,0	1,5	10,2	2,7	6,6	–0,9
Сумма осадков, мм	294,0	370,7	76,7	408,3	114,3	270,2	–23,8
Май	41,0	32,5	–8,5	113,3	72,3	37,7	–3,3
Июнь	59,0	55,9	–3,1	32,0	–27	143,8	84,8
Июль	60,0	86,0	26,0	94,8	34,8	19,0	–41,0
Август	73,0	96,7	23,7	92,7	19,7	48,9	–24,1
Сентябрь	58,0	99,6	41,6	75,5	17,5	20,8	–37,2
ГТК по Селянинову	–	1,80	–	1,76	–	1,38	–

растительных образцов проводили методом инфракрасной спектроскопии⁴. Для оценки энергетической питательности зеленой массы кормовых культур применяли методические указания по оценке качества и питательности кормов⁵.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Большинство многолетних культур в 1-й год их жизни не раскрывают свой потенциал в полной мере (см. рис. 1, 2). Так, в наших исследованиях ни один из компонентов, входящих в состав травостоев, в год посева не прошел полный жизненный цикл. Появление всходов отмечено на 10-й день после посева. Подсчет взошедших на делянках растений показал, что фактическая густота стояния каждого вида в травосмеси составила 3 млн шт./га, что соответствует расчетной норме. Злаковые травы за период вегетации достигли фазы «кущение», высота растений при этом составила 40 см у луговой овсяницы и 35 см у тростниковой соответственно. Развитие растений клевера лугового завершилось на фазе прикорневой розетки, вы-

сота составила 30 см. Люцерна синяя при высоте 45 см достигла фазы ветвления, отмечено слабое цветение. Укос осуществили 21 августа 2019 г., минимум за 40 дней до наступления устойчивых заморозков, чтобы растения успели отрасти и подготовиться к зимовке. В условиях района проведения исследований, который приравнен к районам Крайнего Севера, устойчивые заморозки начинаются со II декады октября. Степень развития растений напрямую влияет на продуктивность фитоценоза. В год посева урожайность сухого вещества составила от 0,97 т/га на варианте «люцерна синяя + овсяница тростниковая» до 1,83 т/га на варианте «клевер луговой + овсяница луговая». Анализ структуры урожая показал на преобладание в травостое бобовых компонентов. Клевера лугового содержалось 73% не зависимо от варианта опыта, а люцерны – 59% на варианте с овсяницей луговой и 67% на варианте с овсяницей тростниковой.

Со 2-го года жизни начинается интенсивное использование многолетних травостоев, которое подразумевает многоукосное их ис-

⁴Методические указания по оценке качества и питательности кормов. М.: ЦИНАО, 2002. 76 с.

⁵ГОСТ 32040–12. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области. М.: Стандартинформ, 2020. 7 с.



Рис. 1. Клеверо-злаковый травостой в 1-й год жизни

Fig. 1. Clover-cereal herbage in the first year of life



Рис. 2. Люцерново-злаковый травостой в 1-й год жизни

Fig. 2. Alfalfa-cereal herbage in the first year of life

пользование. В условиях короткого вегетационного периода, характерного для района проведения исследований, оптимальным является двухукосное использование. Отчуждение надземной массы растений осуществляли по фазе развития доминирующей культуры, которую определяли методом глазомерной оценки проективного покрытия. В травостоях преобладал злаковый компонент

с проективным покрытием в 1-й год пользования от 55 до 75% и во 2-й год пользования от 60 до 100%. При этом наибольшее проективное покрытие как в 1-й (70–75%), так и во 2-й (100%) годы пользования злаковые травы имели в фитоценозах с люцерной синей. Укосы осуществляли по фазе развития злаковых культур: 1-й укос – в фазу «начало колошения», 2-й – «кущение–выход в

трубку», но не позднее, чем за 30 дней до окончания вегетационного периода. В соответствии фазам развития злакового компонента бобовые травы находились в фазе «начало бутонизации» в 1-й укос и «ветвление» во 2-й укос. Первый укос травостоев с овсяницей луговой в 1-й год пользования проводили 16 июня, во 2-й год – 19 июня. Травостои с овсяницей тростниковой в 1-й укос скошены 22 июня (в 1-й год) и 24 июня (во 2-й год). Второй укос травостоев с овсяницей луговой в 1-й год осуществляли 21 августа, а во 2-й год – 24 августа. Травостои с овсяницей тростниковой скошили второй раз за вегетационный период 20 августа (в 1-й год) и 26 августа (во 2-й год).

Многолетние травостои составлены из злаковых и бобовых трав, поэтому количество растений различных ботанических семейств в фитоценозе влияет на урожайность зеленой массы, обуславливает выход сухого вещества и питательность. Процентное содержание бобовых и злаковых трав различалось по вариантам и по укосам (см. табл. 2).

Вслед за уменьшением проективного покрытия бобовых трав произошло и уменьшение содержания их в урожае. Так, на контрольном варианте «клевер луговой + овсяница луговая» в 1-й год пользования соотношение бобового и злакового компонентов в среднем за два укоса было равным (1 : 1), на 2-й год это соотношение составило 1 : 4, содержание клевера лугового в

зеленой массе уменьшилось более, чем в 2 раза. При замещении в травостое овсяницы луговой на овсяницу тростниковую (4-й вариант) в 1-й год пользования соотношение бобового и злакового компонентов в среднем составило 1 : 2,2, на 2-й год пользования это соотношение составило уже 1 : 5,6, содержание клевера лугового уменьшилось в 2 раза. На вариантах опыта, где травостои состоят из злака в смеси с люцерной синей, в 1-й год пользования содержание последней в урожае зеленой массы было 6–8%, а на 2-й год пользования – не более 1%. Таким образом, с увеличением возраста травостоя уменьшается участие клевера лугового в формировании урожая. Люцерна синяя выпала из травостоя после первой зимовки, что привело к доминированию злаков.

Изучаемые многолетние травы имеют различную влажность зеленой массы, что обеспечивает и разный сбор сухого вещества. Наиболее урожайными агроценозами как в 1-й год пользования, так и во 2-й, оказались травостои, где злаковым компонентом выступила овсяница тростниковая (см. табл. 3). При этом наличие клевера лугового в таком травостое обеспечило выход сухого вещества несколько выше, чем присутствие люцерны синей, хотя статистически различия между этими вариантами не существенны. Такая закономерность прослеживается и по проведенным укосам.

Табл. 2. Структура урожая, %

Table 2. Harvest structure, %

Вариант	Культура	1-й год пользования			2-й год пользования		
		1-й укос	2-й укос	Среднее	1-й укос	2-й укос	Среднее
1	Клевер луговой, стандарт	46	54	50	20	21	20
	Овсяница луговая, стандарт	54	46	50	80	79	80
2	Люцерна синяя	8	7	8	1	1	1
	Овсяница луговая	92	93	92	99	99	99
3	Клевер луговой	29	33	31	10	21	15
	Овсяница тростниковая	71	67	69	90	79	85
4	Люцерна синяя	6	7	7	1	1	1
	Овсяница тростниковая	94	93	93	99	99	99

Табл. 3. Урожайность сухого вещества, т/га

Table 3. Dry matter yield, t/ha

Травостой	Травостой 1-го года пользования				Травостой 2-го года пользования			
	1-й укос	2-й укос	В сумме за 2 укоса	+/- к стандарту	1-й укос	2-й укос	В сумме за 2 укоса	+/- к стандарту
Клевер луговой + овсяница луговая, стандарт	4,09	4,51	8,60	—	5,59	3,77	9,36	—
Люцерна синяя + овсяница луговая	3,68	3,54	7,22	–1,38	5,19	2,12	7,31	–2,05
Клевер луговой + овсяница тростниковая	6,18	5,23	11,41	+2,81	6,69	4,02	10,71	1,35
Люцерна синяя + овсяница тростниковая	5,92	5,14	11,06	+2,46	6,68	3,86	10,54	1,18
НСР _{0,5}	1,17	0,49	1,46	—	0,80	0,22	0,88	—

Травостой из смеси люцерны синей с овсяницей луговой характеризовался наименьшей урожайностью среди вариантов как по годам, так и по укосам. При оценке общей динамики изменения урожайности сухого вещества травостоев отмечено, что наиболее продуктивен 1-й укос 2-го года пользования, а 2-й укос в этот же год, наоборот, наименее продуктивен, что характерно для всех исследуемых агроценозов. Для увеличения рентабельности производства молока в урожае сухого вещества зеленых растений должно содержаться достаточное количество энергии и протеина.

Варианты травостоев, где посеяна овсяница тростниковая, оказались наиболее энергоемки как в 1-й год использования фитоценоза, так и во 2-й (см. табл. 4). При

этом травостой «клевер луговой + овсяница тростниковая» обеспечил максимальный выход обменной энергии в сумме за два укоса: в 1-й год – 129,0 ГДж/га (+24% к стандарту), во 2-й год – 114,12 ГДж/га (+11% к стандарту). Наименьшей энергоемкостью характеризовался фитоценоз, созданный из смеси люцерны синей и овсяницы луговой.

В 1-й год пользования по сбору протеина выделился травостой «клевер луговой + овсяница тростниковая», где прибавка урожайности составила 0,22 т/га по сравнению с контролем (см. рис. 3). Во 2-й год пользования лидирующую позицию по данному показателю занял фитоценоз, созданный на основе традиционных трав – клевера лугового и овсяницы луговой. Однако в среднем за 2 года интенсивного пользования травостоев

Табл. 4. Выход обменной энергии, ГДж/га

Table 4. Exchangeable energy output, GJ/ha

Травостой	Травостой 1-го года пользования				Травостой 2-го года пользования			
	1-й укос	2-й укос	В сумме за 2 укоса	+/- к стандарту	1-й укос	2-й укос	В сумме за 2 укоса	+/- к стандарту
Клевер луговой + овсяница луговая, стандарт	44,42	54,03	98,45	—	62,20	39,25	101,45	—
Люцерна синяя + овсяница луговая	39,39	37,17	76,56	–21,89	53,73	21,03	74,76	–26,69
Клевер луговой + овсяница тростниковая	67,30	61,71	129,01	30,56	70,77	43,35	114,12	12,67
Люцерна синяя + овсяница тростниковая	62,57	57,27	119,84	21,39	69,98	40,98	110,96	9,51
НСР _{0,5}	12,69	5,67	16,02	—	8,57	2,30	9,36	—

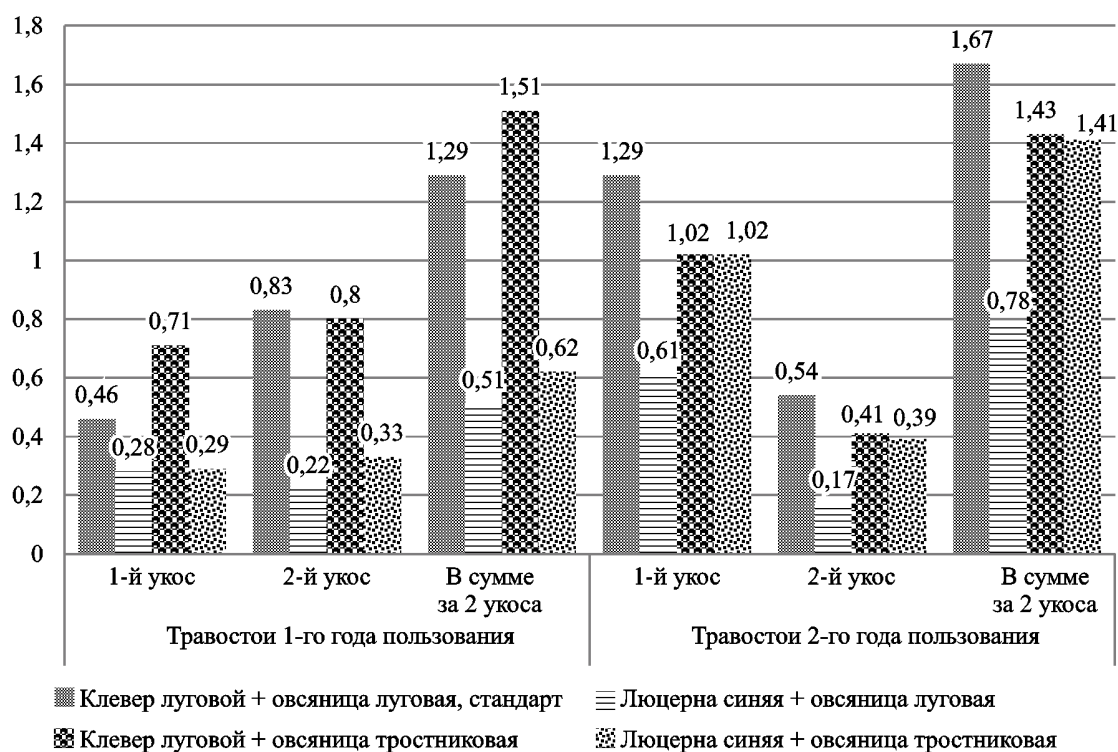


Рис. 3. Сбор сырого протеина, т/га

Fig. 3. Collection of crude protein, t/ha

стоим варианты травосмесей с клевером луговым обеспечивают одинаковый сбор протеина независимо от вида используемой овсяницы. Наименьшим сбором сырого протеина охарактеризовался вариант «люцерна синяя + овсяница луговая».

Во 2-й год пользования травостой были более продуктивны по сбору сырого протеина. Это может быть связано в первую очередь с повышенными среднесуточными температурами воздуха в мае и июне 2021 г. Несмотря на то, что 2-й укос этого года обеспечил минимальный выход протеина, в сумме за два укоса 2-й год пользования оказался более продуктивен почти на всех вариантах. Исключением является травостой из смеси клевера лугового с овсяницей тростниковой, где суммарные значения по годам разнятся незначительно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При изучении злаково-бобовых многолетних агроценозов в условиях северных районов Архангельской области выделил-

ся травостой, состоящий из смеси клевера лугового с овсяницей тростниковой. Такой фитоценоз обеспечивает в первые 2 года урожайность сухого вещества от 10,71 до 11,41 т/га (+1,35–+2,81 т/га к стандарту), выход обменной энергии с 1 га 114,12–129,01 ГДж (+30,56–12,67 ГДж к стандарту) и сбор сырого протеина от 1,43 до 1,51 т/га.

Следует отметить, что на протяжении 3 лет жизни изучаемых агроценозов наблюдали снижение участия бобовых трав в формировании биомассы. При этом в структуре урожая содержание клевера лугового снизилось от 73% в 1-й год жизни до 15–20% во 2-й укос 3-го года, а люцерна синяя на 3-й год выпала из травостоя, хотя в 1-й год ее содержалось в среднем 63%. Резкое снижение доли люцерны синей в травостое в первую очередь объясняется влиянием климатических условий в период перезимовки. Отсутствие районированных сортов и адаптивной технологии возделывания этой культуры для данного региона также служит негативным фактором.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гинтов В.В., Попова Л.А., Дыдыкина А.Л., Наконечный А.А., Шаманин А.А., Сухопаров А.И., Перевертайло Д.В., Ружников П.В., Кондакова Н.К. Аспекты повышения эффективности производства молока в Архангельской области: научно обоснованные рекомендации по заготовке кормов собственного производства и кормлению животных: монография. Архангельск: Солти, 2018. 82 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37223819>.
2. Хализова З.Н., Зыкова С.А. Состояние и перспективы отрасли кормопроизводства в России // Эффективное животноводство. 2019. № 3. С. 14–18. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39454362>.
3. Столярков Г. Оценка эффективности производства молока в современных условиях // Аграрная экономика. 2020. № 4. С. 67–72. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42901474>.
4. Косолапов В.М., Шарибянов Б.Г., Ишмуратов Х.Г., Шагалиев Ф.М., Юмагузин И.Ф., Салихов Э.Ф. Объемистые корма из бобово-злаковых травосмесей в рационах кормления крупного рогатого скота: монография. М.: ФГБОУ ДПО РАКО АПК, 2021. 184 с. DOI: https://doi.org/10.33814/monography_2021_184.
5. Базилевская Н.А. Интродукция растений: История и методы отбора исходного материала: монография. Рига: ЛГУ, 1982. 103 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001129122>.
6. Романенко Т.М., Филиппова А.Б. Система формирования высококачественных кормовых агроценозов для условий Ненецкого автономного округа РФ // Вестник КрасГАУ. 2017. № 9. С. 8–13. URL: http://www.kgau.ru/vestnik/2017_9/content/2.pdf.
7. Монгуш Л.Т. Изучение влияния покровных культур на урожайность и продуктивность многолетних трав в условиях Республики Тыва // Вестник КрасГАУ. 2020. № 12. С. 19–24. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-19-24.
8. Кансамунд А.Д., Павлючик Е.Н., Иванова Н.Н., Юлдашев К.С., Амбросимова Н.Н., Епифанова Н.А. Смешанные посевы – один из резервов повышения белка в кормах // Кормопроизводство. 2017. № 11. С. 40–44. URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/11-2017>.
9. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Кормопроизводство в сельском хозяй-

стве, экологии и рациональном природопользовании (теория и практика): монография. М.: Издательский дом «Типография» Россельхозакадемии, 2014. 135 с. URL: <https://www.vniikormov.ru/pdf/kormoproizvodstvo-v-selskom-khoziaistve-ekologii-i-ratsionalnom-prirodopolzovanii.pdf>.

10. Шагалиев Ф.М., Назыров В.К., Хуснутдинов И.З. Корма из бобово-злаковых травосмесей в рационах дойных коров // Вестник Башкирского государственного университета. 2013. № 4. С. 63–67. URL: http://vestnik.bsau.ru/netcat_files/vestnic/file/2013-28.pdf.
11. Корелина В.А. Создание бобово-злаковых травостоев с использованием люцерны синегрибридной в условиях субарктической зоны РФ // Эффективное животноводство. 2019. № 6. С. 76–79. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39276923>.
12. Корелина В.А., Батакова О.Б., Зобнина И.В. Интродукция кормовых культур для расширения видового разнообразия, укрепления кормовой базы животноводства в условиях субарктической зоны Российской Федерации // Эффективное животноводство. 2018. № 4. С. 32–35. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34997776>.
13. Шаманин А.А., Попова Л.А., Гинтов В.В. Малораспространенные кормовые культуры для формирования высококачественных кормовых агроценозов в условиях северного региона России // Аграрный вестник Урала. 2019. № 4. С. 40–47. URL: <http://agvu.urgau.ru/ru/19-joomla/198-4-183-2019.html>.

REFERENCES

1. Gintov V.V., Popova L.A., Didikina A.L., Nakonechny A.A., Shamanin A.A., Sukhoparov A.I., Perevertaylo D.V., Ruzhnikov P.V., Kondakova N.K. *Aspects of Improving the Efficiency of Milk Production in the Arkhangelsk Region: Evidence-Based Recommendations for Procuring Fodder of Own Production and Feeding Animals*. Arkhangelsk, Solti, 2018, 82 p. (In Russian). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37223819>.
2. Khalizova Z.N., Zyкова S.A. State and prospects of forage production in Russia. *Effektivnoe zhivotnovodstvo = Effective animal husbandry*, 2019, no. 3, pp. 14–18. (In Russian). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39454362>.
3. Stolyarov H. Evaluation of the efficiency of milk production in modern conditions. *Agrar-*

- naya ekonomika = Agrarian economics, 2020, no. 4, pp. 67–72. (In Russian). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42901474>.
4. Kosolapov V.M., Sharifyanov B.G., Ishmurov Kh.G., Shagaliev F.M., Yumaguzin I.F., Salikhov E.F. *Bulky feed from legume-grass mixtures in cattle rations*. Moscow, FSFEI CPE RASP AIC, 2021, 184 p. (In Russian). DOI: https://doi.org/10.33814/monography_2021_184.
 5. Bazilevskaya N.A. *Plant introduction: History and methods of selection of source material*. Riga, LSU, 1982, 103 p. (In Russian). URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001129122>.
 6. Romanenko T.M., Filippova A.B. The system of high-quality fodder agrocenosis formation for the conditions of the Nenets Autonomous Area of the Russian Federation. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*, 2017, no. 9, pp. 8–13. (In Russian). URL: http://www.kgau.ru/vestnik/2017_9/content/2.pdf.
 7. Mongush L.T. Studying the influence of integumentary cultures on the productivity and efficiency of long-term grasses in the conditions of the Republic of Tuva. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*, 2020, no. 12, pp. 19–24. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-19-24.
 8. Kapsamund A.D., Pavlyuchik E.N., Ivanova N.N., Yuldashev K.S., Ambrosimova N.N., Epifanova N.A. Mixed crops – resources for feed protein increase. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*, 2017, no. 11, pp. 40–44. (In Russian). URL: <http://kormoproizvodstvo.ru/11-2017>.
 9. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S. *Feed production in agriculture, ecology and rational nature management (theory and practice)*. Moscow, Publishing House "Typography" of the Russian Agricultural Academy, 2014, 135 p. (In Russian). URL: <https://www.vniikormov.ru/pdf/kormoproizvodstvo-v-selskom-khoziaistve-ekologii-i-ratsionalnom-prirodopolzovanii.pdf>.
 10. Shagaliev F.M., Nazyrov V.K., Husnutdinov I.Z. Feed of legume-grass mixtures in the diets of dairy cows. *Vestnik Bashkirskogo Gosudarstvennogo Yniversiteta = Bulletin of Bashkir University*, 2013, no. 4, pp. 63–67. (In Russian). URL: http://vestnik.bsau.ru/netcat_files/vestnic/file/2013-28.pdf
 11. Korelina V. A. Creation of legume-grass stands using blue hybrid alfalfa in the conditions of the subarctic zone of the Russian Federation. *Effektivnoe zhivotnovodstvo = Effective animal husbandry*, 2019, no. 6, pp. 76–79. (In Russian). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39276923>.
 12. Korelina V.A., Batakova O.B., Zobnina I.V. Introduction of fodder crops to expand species diversity, strengthen the forage base of livestock in the subarctic zone of the Russian Federation. *Effektivnoe zhivotnovodstvo = Effective animal husbandry*, 2018, no. 4, pp. 32–35. (In Russian). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34997776>.
 13. Shamanin A.A., Popova L.A., Gintov V.V. Using the less widespread feed crops for forming a high-quality feed agrophytocenosis in the conditions of the northern region of Russia. *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2019, no. 4, pp. 40–47. (In Russian). URL: <http://agvu.urgau.ru/ru/19-joomla/198-4-183-2019.html>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Шаманин А.А.**, научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 163000, Архангельская область, Приморский район, пос. Луговой, д. 10; e-mail: arhniish@mail.ru

Попова Л.А., кандидат экономических наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alexei A. Shamanin**, Researcher; address:
10, Lugovoi settl., Primorsky District, Arkhangelsk Region, 163000, Russia; e-mail: arhniish@mail.ru

Ludmila A. Popova, Candidate of Science in Economics, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 14.04.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 21.05.2022
Дата публикации / Published 25.07.2022



МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

✉¹Яковлев Н.С., ¹Рассомахин Г.К., ²Чекусов М.С., ¹Чернышов А.П.

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

²Омский аграрный научный центр

Омск, Россия

✉e-mail: yakovlev-46@inbox.ru

Представлена методика оценки почвообрабатывающих и посевных агрегатов с учетом почвенных и климатических условий хозяйств. Предложен комплексный показатель оценки работы посевных машин и комплексов при посеве зерновых культур, который учитывает производительность, топливную экономичность, качество посева и надежность выполнения технологического процесса к определенному моменту времени. Приспособленность агрегатов к техническому обслуживанию оценивается отношением производительности агрегата за основное время к производительности за сменное время. Показателем расхода топлива у агрегатов является отношение глубины обработки почвы, у сеялок – глубины посева к удельному расходу топлива. Качество обработки почвы оценивается показателями гребнистости и крошения почвы, полученными в результате испытаний, качество посева – отношением фактической нормы высева и глубины заделки семян к заданным по техническим условиям. В качестве показателя оценки надежности применяют интегральные функции распределения вероятностей безотказной работы в виде экспоненциального закона распределения. Для расчетов используют результаты агротехнической и экономической оценки, взятые из протоколов испытаний машин на машиноиспытательных станциях. На основании проведенных исследований предложены эффективные наборы машин для возделывания зерновых культур, которые отличаются низкими затратами, высоким качеством выполнения работ и надежностью. На первом месте оказались зерновые сеялки С-6ПМ2, СЗП-3,6Б, СЗР-5,4, AMAZONE D9-60 Super; посевные комплексы КСКП-2,1Д × 5 ОМИЧ, Кузбасс ПК-8,5, John Deere «730». Второе место заняли сеялки John Deere 455, ASTRA SZT-5,4, СКП-2,1 × 5, Pronto 12NT Хорш, DMC Primera 9000; посевные комплексы Иртыш-10, AGRATOR-combidisk-9000, Кузбасс ПК-9,7А.

Ключевые слова: сеялка, посевной комплекс, технологический процесс, комплексный показатель

TECHNICAL EQUIPMENT JUSTIFICATION METHODOLOGY FOR THE CULTIVATION OF GRAIN CROPS

✉¹Yakovlev N.S., ¹Rasomahin, G.K., ²Chekusov M.S., ¹Chernyshov A.P.

¹Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies
of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk, Russia

²Omsk Agricultural Research Center

Omsk, Russia

✉e-mail: yakovlev-46@inbox.ru

The article presents a methodology for evaluating tillage and seeding aggregates, taking into account soil and climatic conditions of farms. We offer a comprehensive assessment index of the

performance of sowing machines and complexes for sowing crops, which takes into account productivity, fuel efficiency, sowing quality and reliability of the technological process to a certain point in time. Unit serviceability is measured by the ratio of the unit's capacity during the main time to the capacity during the shift time. Fuel consumption indicator for machines is the ratio of tillage depth, for seeders it is the sowing depth to specific fuel consumption. Soil cultivation quality is assessed by indicators of ridging and crumbling of the soil, the quality of sowing by the ratio of the actual seeding rate and the depth of seeding to the given technical specifications. The integral functions of the distribution of probabilities of failure-free operation in the form of an exponential law of distribution are used as an indicator of reliability assessment. For calculations, the results of agrotechnical and economic evaluation, taken from the protocols of machine tests at machine test stations, are used. Based on the research, effective sets of machines for the cultivation of crops, which are characterized by low costs, high quality of work and reliability, were proposed. In first place were taken by the grain seeders S-6PM2, SZP-3,6B, SZP-5,4, AMAZONE D9-60 Super; seeding complexes KSKP-2,1D × 5 OMICH, Kuzbass PK-8,5, John Deere "730". The second place was taken by John Deere 455, ASTRA SZT-5,4, SKP-2,1D × 5, Pronto 12NT Horsch, DMC Primera 9000; seeding complexes Irtys-10, AGRATOR-combidisk-9000, Kuzbass PK-9,7A.

Keywords: seeder, seeding complex, technological process, integrated indicator

Для цитирования: Яковлев Н.С., Рассомахин Г.К., Чекусов М.С., Чернышов А.П. Методика обоснования технических средств для возделывания зерновых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 97–106. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-11>. EDN WUFNKM.

For citation: Yakovlev N.S., Rasomahin, G.K., Chekusov M.S., Chernyshov A.P. Technical equipment justification methodology for the cultivation of grain crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 97–106. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-11>. EDN WUFNKM.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема технического перевооружения сельского хозяйства приобрела в последние годы особую актуальность. Основу ее составляет замена морально и физически устаревших тракторов и рабочих машин [1]. Предполагается, чем больше типоразмеров сельскохозяйственных машин, отвечающих требованиям производства сельскохозяйственной продукции в различных регионах страны, будет выпускать промышленность, тем полнее могут быть удовлетворены потребности хозяйств и повышена эффективность их работы [2]. Новая энергонасыщенная техника позволяет расширить применение ресурсосберегающих технологий производства сельскохозяйственной продукции, в то же время обширная номенклатура затрудняет выбор технических средств¹ [3–5]. Одна из центральных задач обеспечения сельскохозяйственных предприятий техникой – вы-

бор агрегатов, которые полностью соответствуют почвенно-климатическим условиям хозяйства. Анализ работ по рассматриваемой проблеме показал, что обоснованному выбору типа сельскохозяйственного агрегата для хозяйств определенной зоны уделяется недостаточно внимания. Выбор оптимального состава агрегатов проводят в основном по минимуму капитальных вложений, качество выполняемой ими работы не учитывают [6]. При обосновании сельскохозяйственных агрегатов исходят из существующих технологий, отражающих перечень вариантов технологических операций. Работу проводят в соответствии с типовыми методиками оптимизации агрегатов различных типов и назначения. В данном случае необходимо правильно выбрать параметры оптимизации, выделив наиболее информативные.

В результате анализа научно-технической литературы не установлено единого крите-

¹Докин Б.Д., Новоселов М.В. Оценка энергозатрат при различных технологиях возделывания зерновых культур // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. материалов XV междунар. науч.-практ. конф. в 2 кн. Барнаул, 2020. С. 25–29.

рия, оценивающего работу сельскохозяйственных машин, как отдельных рабочих органов, так и в составе комбинированных агрегатов [7]. Чтобы не усложнять расчеты, число параметров оптимизации, которые должны быть независимыми и достаточно стабильными, необходимо минимизировать. Для примера проведем оценку посевных машин, так как посев семян зерновых культур – одна из важных технологических операций. Следовательно, посевные агрегаты представлены наиболее сложными и дорогостоящими машинами, от качества работы которых зависит урожайность высеваемой культуры.

Цель исследования – разработать методику оценки посевных агрегатов с учетом качества выполняемой ими работы.

Задачи исследования:

- выбрать наиболее информативные показатели комплексной оценки работы посевных агрегатов при посеве зерновых культур;
- обосновать эффективные технические решения, позволяющие выполнить работы с высоким качеством и при наименьших затратах средств.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для комплексной оценки работы посевных агрегатов нужно определиться с технологией возделывания зерновых культур, составными частями которой являются технологические операции. Необходимо обосновать эффективные технологические решения, наиболее приемлемые для данной зоны, позволяющие сократить совокупные затраты и повысить урожайность зерновых культур за счет полного использования плодородия почвы, уничтожения сорняков и повышения качества посева. При этом учитывается совместимость технологии с зональными условиями, которые определяют возможность реализации конкретных технологических решений. Совокупность показателей оценки должна включать данные о почвенно-климатических и производственных условиях функционирования агрегатов и

комплексов. Совокупность должна включать следующее: применение лишь почвозащитной технологии; использование машино-тракторных агрегатов только с тракторами, обеспечивающими минимальное давление на почву; использование ресурсосберегающих технологических приемов и др. Выбрав технологию и обосновав эффективные технологические решения для соответствующей зоны, можно приступить к разработке технологической карты, где необходимо по операциям расписать весь технологический процесс возделывания зерновых культур [8]. Каждая операция выполняется определенным видом машин или агрегатов, которые в настоящее время представлены широкой номенклатурой типажей и отдельных видов. В рекламных проспектах каждая фирма представляет свою продукцию в наилучшем виде, поэтому понять, что нужно для хозяйства с его почвенно-климатическими особенностями, – сложная задача. Многие импортные машины и комплексы, которые работают на полях России, проверяют на машиноиспытательных станциях (МИС), где определяют их основные агротехнические и эксплуатационные показатели. Однако широкая номенклатура показателей не позволяет определиться с выбором машины. В связи с этим необходим один комплексный показатель, который позволит дать оценку машин и агрегатов при проведении сельскохозяйственных работ по выбранной технологии² [9].

Комплексную оценку работы агрегата при выполнении технологических операций возделывания зерновых культур необходимо провести с учетом совокупности ограничений и в соответствии с требованиями качества выполнения технологического процесса. На этапе оценки посевных агрегатов применяют следующие частные показатели: коэффициент использования машины, который характеризует отношение производительности машины за основное время к производительности машины за сменное время; удельный расход топлива, отнесенный к глу-

²Яковлев Н.С., Назаров Н.Н., Рассомахин Г.К., Маркин В.В., Черных В.И. Технологии посева зерновых культур // Аграрная наука - сельскому хозяйству: сб. материалов XVI междуна. науч.-практ. конф. в 2 кн. Барнаул, 2021. С. 53–54.

бине обработки почвы; оценку надежности выполнения технологической операции к определенному времени; качество выполнения технологической операции. При оценке качества посева сельскохозяйственных культур используют следующие частные показатели: среднюю глубину заделки семян, равномерность распределения по площади посева, неравномерность заделки семян по глубине и др. С учетом этого замечания предложена структура показателей для оценки технического уровня машин и орудий, используемых при выполнении посева зерновых культур. Для оценки технического уровня машин используют матрицы типа табл. 1. Относительные значения показателей применяют для приведения их к безразмерному виду.

Приспособленность агрегатов к техническому обслуживанию оценивается отношением производительности агрегата за основное время к производительности за сменное время [10]. Показатель оценки машины определится из выражения

$$C(t) = \frac{Q(t)}{Q_m(t)}, \quad (1)$$

где $Q(t)$ – производительность машины за основное время; $Q_m(t)$ – производительность машины за сменное время.

Расход топлива оценивают показателем отношения глубины обработки почвы к удельному расходу топлива, у сеялок – глубины посева к удельному расходу топлива:

$$C_T(t) = \frac{h}{g}, \quad (2)$$

где h – глубина обработки почвы, см; g – удельный расход топлива, кг/га.

Качество обработки почвы оценивают показателями гребнистости $C_T(t)$ и крошения почвы $C_K(t)$ (размер фракций до 25 мм), полученными в результате испытаний на МИС, к допустимым технологическими требованиями СТО АИСТ³:

$$C_T(t) = \frac{D}{d}, \quad C_K(t) = \frac{k}{K}, \quad (3)$$

где d – высота гребней, определенная при испытаниях машины на МИС, см; D – допустимая высота гребней по технологическим требованиям и АИСТ, см; k – количество почвенных фракций размером до 25 мм по результатам испытаний на МИС, %; K – ко-

Табл. 1. Комплексная оценка работы сеялок и посевных комплексов

Table 1. Comprehensive evaluation of the work of seeders and seeding complexes

Марка трактора и машины	Относительный показатель оценки					Комплексная оценка
	производительности	расхода топлива	наработки на отказ	нормы высева	глубины посева	
1	$\frac{Q_1^0}{Q_1^1}$	$\frac{h_1^0}{g_1^1}$	$\frac{P_1^0}{P_1^1}$	$\frac{p_1^0}{G_1^1}$	$\frac{h_1^0}{H_1^1}$	$\sum \delta_j \cdot q_i^j$
	$\frac{Q_2^0}{Q_2^1}$	$\frac{h_2^0}{g_2^1}$	$\frac{P_2^0}{P_2^1}$	$\frac{p_2^0}{G_2^1}$	$\frac{h_2^0}{H_2^1}$	
2	$\frac{Q_3^0}{Q_3^1}$	$\frac{h_3^0}{g_3^1}$	$\frac{P_3^0}{P_3^1}$	$\frac{p_3^0}{G_3^1}$	$\frac{h_3^0}{H_3^1}$	$\sum \delta_j \cdot q_i^j$
	$\frac{Q_4^0}{Q_4^1}$	$\frac{h_4^0}{g_4^1}$	$\frac{P_4^0}{P_4^1}$	$\frac{p_4^0}{G_4^1}$	$\frac{h_4^0}{H_4^1}$	
3	$\frac{Q_5^0}{Q_5^1}$	$\frac{h_5^0}{g_5^1}$	$\frac{P_5^0}{P_5^1}$	$\frac{p_5^0}{G_5^1}$	$\frac{h_5^0}{H_5^1}$	$\sum \delta_j \cdot q_i^j$
	$\frac{Q_6^0}{Q_6^1}$	$\frac{h_6^0}{g_6^1}$	$\frac{P_6^0}{P_6^1}$	$\frac{p_6^0}{G_6^1}$	$\frac{h_6^0}{H_6^1}$	
4	$\frac{Q_7^0}{Q_7^1}$	$\frac{h_7^0}{g_7^1}$	$\frac{P_7^0}{P_7^1}$	$\frac{p_7^0}{G_7^1}$	$\frac{h_7^0}{H_7^1}$	$\sum \delta_j \cdot q_i^j$
	$\frac{Q_8^0}{Q_8^1}$	$\frac{h_8^0}{g_8^1}$	$\frac{P_8^0}{P_8^1}$	$\frac{p_8^0}{G_8^1}$	$\frac{h_8^0}{H_8^1}$	

Примечание. $Q_i^j, h_i^j, P_i^j, p_i^j$ – значения оцениваемых показателей; i – индекс машины; j – индекс показателя:

0 – полученное при испытаниях, 1 – требования СТО АИСТ; δ_j – коэффициент значимости показателей в данной системе оценки; q_i^j – относительное значение показателя оценки.

³СТО АИСТ 4.2–2010. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей. Взамен СТО АИСТ4.2-2004. Введ. 15.07.2011. М.: Росинформагротех, 2012. 40 с.

личество почвенных фракций размером до 25 мм по агротехническим требованиям к технологии обработки почвы, %.

Качество посева оценивают отношением фактической нормы высева и глубины заделки семян к заданным по техническим условиям⁴. В связи с тем, что качество посева оценивают по точности высева установленной нормы или глубины заделки семян, отклонение в большую или меньшую сторону будет считаться нарушением агротребований, применяется следующее выражение:

$$C_p(t) = \frac{P}{G} \text{ или } C_p(t) = \frac{G}{p}, \quad (4)$$

где p – фактическая норма высева, кг/га; G – заданная норма высева, кг/га.

В качестве показателя оценки надежности используется интегральная функция распределения вероятностей безотказной работы $P_i(t)$ в виде экспоненциального распределения [10]

$$C_N(t) = \frac{P_i(t)}{P_N(t)}, P_i(t) = e^{-\lambda_i t}, \quad (5)$$

где λ – интенсивность потока отказов; t – время работы машины в смену, ч.

Появление в надежности этого распределения связано с использованием распределения Пуассона

$$P(m) = \frac{(\lambda t)^m}{m!} e^{-\lambda t}. \quad (6)$$

Предположим участок $[0; t]$ пустым, т.е. $m = 0$ (на участок не попала ни одна точка), но распределение Пуассона определяет вероятность попадания на участок того или иного числа точек, а «0» не является числом.

Интенсивность потока отказов λ и параметр потока отказов ω обладают следующим свойством: если поток отказов стационарен, то $\omega(t) = \omega = \lambda$. Параметр потока отказов $\lambda = \frac{1}{T}$ и наработка на отказ T характеризуют надежность ремонтируемого изделия. Под коэффициентом δ_i значимости i -го показателя

понимается степень его влияния на общий показатель технологического процесса. Существует несколько методов определения коэффициента значимости. Наиболее приемлемым в нашем случае можно принять метод частных производных. Влияние частного показателя качества на главный показатель определим, взяв полный дифференциал функции E ⁵:

$$dE = \frac{\partial E}{\partial y_1} dy_1 + \frac{\partial E}{\partial y_2} dy_2 + \frac{\partial E}{\partial y_3} dy_3 + \dots + \frac{\partial E}{\partial y_i} dy_i. \quad (7)$$

Частные производные перед значениями dy_i можно рассматривать как функциональную зависимость с главным показателем E . Действительно, весовые коэффициенты частных показателей качества $y_1, y_2, \dots, y_n$, связанных с выражением $\partial E / \partial y_i$ показывают, как изменяется эффективность системы E при изменении частного показателя качества y_i (при фиксированных значениях остальных показателей), т.е. определяют степень влияния на главный показатель E . На основании изложенного можно записать: $b_i = \partial E / \partial y_i$, где b_i – весовой коэффициент i -го показателя качества. Зафиксировав значения остальных показателей качества, уравнение (7) можно записать в виде

$$dE = b_1 dy_1 + b_2 dy_2 + \dots + b_n dy_n. \quad (8)$$

Уравнение (8) является следствием линеаризации функции E в точке, координаты которой $y_i = y_{i0}, i = (1, n)$. Из полученных выражений видно, что весовые коэффициенты b_i зависят от конкретных значений частных показателей качества y_i , следовательно, они связаны определенными зависимостями и между собой:

$$b_i = f_i(y_1, y_2, \dots, y_n). \quad (9)$$

Экономическая оценка агрегатов – наиболее важная часть в себестоимости производства зерновых культур. В качестве основных составляющих выступают прямые эксплуатационные затраты на выполнение работ по

⁴Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки: ГОСТ Р 52778–2007. Введ. 13.11.2007. М.: Стандартинформ, 2008. 24 с.

⁵Чумаков Н.М., Серебряный Е.И. Оценка эффективности сложных технических устройств. М.: Советское радио, 1980. 192 с.

обеспечению технологического процесса и урожайность возделываемых культур. В свою очередь, прямые эксплуатационные затраты на единицу наработки (И, р./га) определяют по формуле⁶

$$И = З + Г + Р + \Phi, \quad (10)$$

где З – удельное значение зарплаты обслуживающего персонала со всеми видами доплат и отчислений, р./га; Г – удельные затраты на горюче-смазочные материалы, тепловую и электрическую энергию, р./га; Р – удельные затраты на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт, хранение техники, р./га; Φ – прочие удельные прямые затраты на основные и вспомогательные материалы, р./га.

При оценке необходимо учитывать специфические условия применения данного агрегата относительно природно-климатической зоны, а также учитывать требования, определенные применяемой технологией возделывания зерновых культур. Расчет прямых эксплуатационных затрат на работу посевных комплексов и сеялок на площади 1000 га произведен в соответствии с технологическими картами.

При расчете эксплуатационных затрат возникает вопрос стоимости машины, орудия или комплекса. У разных продавцов цены могут значительно отличаться от цены завода-изготовителя и меняться в зависимости от сезона и спроса, а также от уровня инфляции

или других факторов. В связи с этим цены на машины, орудия и комплексы необходимо приводить к одному знаменателю, ниже которого цена опуститься не может. Самый простой эмпирический способ подсчитать стоимость машины – определить цену металла, который необходим для производства изделия, и умножить эту цифру на пять. Погрешность при этом может достигать 20–25%. Формула подходит только для предварительных расчетов с последующей корректировкой:

$$\begin{aligned} Ц_M &= M_M \cdot Ц_M + З_П + Н_Н + Н_Р + П = \\ &= 5 \cdot M_M \cdot Ц_M, \end{aligned} \quad (11)$$

где M_M – масса машины (орудия), т; $Ц_M$ – комплексная цена металла, р./т; $З_П$ – заработная плата на изготовление машины или орудия со всеми видами доплат, р.; $Н_Н$ – сумма налогов, приходящихся на одну машину, р.; $Н_Р$ – сумма накладных расходов на одну машину, р.; П – прибыль предприятия в размере 20% от продажи каждой машины.

На практике цена на машину складывается из пяти компонентов, причем заработная плата на изготовление машины, как это бывает на производстве, равна стоимости металла. При этом учитывается и заработная плата на изготовление комплектующих изделий. Сумма всех налогов (НДС, НДФЛ, налог на прибыль организаций, страховые взносы во внебюджетные фонды, налог на имущество организаций, транспортный налог) примерно равна

Табл. 2. Пример расчета цены посевных машин

Table 2. Example of seeding machine price calculation

Марка машины	Вес машины, т	Коэффициент	Год	Цена металла, тыс.р/т	Цена машины, тыс.р.		Ошибка, %
					на рынке	расчетная	
Сеялка СЗП-3,6А	2,84	5	2015	35	443	496	10,7
Сеялка С-6ПС	2,30	5	2019	45	1237	1190	3,8
Посевной комплекс «Агратор-4800М»	2,40	10	2016	40	1050	960	9,4
Посевной комплекс «Кузбасс ПК-8,5»	10,55	10	2018	40	3959	4220	6,2
Посевной комплекс «КПК-990АП»	12,63	10	2020	50	6205	6315	1,8

⁶ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. Введ. 01.09.2019. М.: Стандартинформ, 2018. 15 с.

сумме заработной платы. Накладные расходы начисляются в размере 100% от заработной платы. В связи с этим стоимость машины или орудия можно принять, равную пятикратной стоимости металла, затраченного на изготовление машины. Чтобы определить цену посевного комплекса ввиду больших интеллектуальных вложений в изготовление, расчетную цену необходимо увеличивать в 2 раза, применив коэффициент 10. Пример соотношения расчетной цены посевных машин с ценой реализации на рынке представлен в табл. 2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Комплексная оценка работы агрегатов при выполнении технологических операций при возделывании зерновых культур проведена с учетом совокупности ограничений и в соответствии с требованиями качества выполнения технологического процесса. При расчете показателей использованы данные, опубликованные в протоколах Алтайской и Сибирской МИС. Относительные показатели оценки агрегатов при выполнении соответствующих видов работы представлены в табл. 3.

Табл. 3. Оценка качества работы сеялок и посевных комплексов при возделывании зерновых культур
Table 3. Evaluation of the quality of seeders and seeding complexes in the cultivation of crops

Марка трактора и машины	Относительный показатель оценки					Комплексная оценка
	производи- тельности	расхода топлива	наработки на отказ	нормы высева	глубины посева	
Зерновые сеялки						
Pronto 12NT «Хорш»	0,72	1,81	0,98	1,52	1,06	6,09
Обь-4-3Т	0,67	1,20	1,24	0,98	1,00	5,09
СКП-2,1 × 5 К-701	0,70	1,68	1,22	0,97	0,97	5,54
С-6ПМ2	0,64	1,82	0,99	1,2	1,70	6,35
John Deere 455	0,51	1,65	1,27	0,99	1,08	5,50
СЗР-5,4	0,63	1,96	1,20	0,99	1,04	5,82
AMAZONE D9-60 Super	0,66	1,05	1,31	0,98	1,25	5,25
ASTRA SZT-5,4	0,60	2,48	0,21	0,99	1,12	5,40
CASE IH-SD × 30	0,66	1,08	0,97	1,41	1,17	5,29
АСТРА + КД-720МК	0,74	0,83	1,30	0,94	1,03	4,84
СЗП-3,6Б	0,64	3,29	1,20	0,99	1,03	7,15
DMC Primera 9000	0,65	1,28	0,98	1,29	1,25	5,45
Д9-60	0,72	2,22	0,26	0,98	1,05	5,23
Посевные комплексы						
Кузбасс ПК-9,7	0,71	1,33	0,31	0,99	1,11	4,45
Кузбасс ПК-9,7А	0,70	1,33	0,31	0,99	1,11	4,44
Кузбасс-Т ПК-9,7	0,72	1,03	0,45	0,99	1,16	4,35
Кузбасс ПК-8,5	0,70	1,14	1,20	0,98	1,05	5,07
Томь ПК-10,6	0,73	0,86	1,01	0,99	1,15	4,74
КПК-850МБ	0,73	0,68	0,31	0,97	1,10	3,79
КСКП-2,1Д «ОМИЧ»× 5	0,73	1,14	1,28	0,98	0,87	5,00
Иртыш-10	0,61	0,94	1,01	0,94	1,01	4,51
КПК-990МБ	0,73	1,08	0,33	0,97	1,04	4,15
John Deere «730»	0,69	0,96	1,20	0,99	1,20	5,04
AGRATOR-combidisk-9000	0,66	1,06	0,80	0,99	1,12	4,63
AGRATOR-6000М	0,71	0,76	1,28	0,98	1,14	4,87
AGRATOR 11000	0,70	1,01	0,25	0,97	1,04	3,97

Для комплексной оценки из всей номенклатуры показателей по протоколам МИС отобраны те, коэффициент значимости которых был равен единице. Показатели включали следующие параметры: производительность машины за основное и сменное время, удельный расход топлива, глубину посева семян, глубину обработки почвы, высоту гребней, равномерность высева семян по глубине, отклонение от заданной нормы высева, наработку машины на отказ. Сумма показателей представляет комплексную оценку машины при выполнении ею определенного вида работы в агрегате с тяговым средством.

Расчет эксплуатационных затрат при выполнении определенного вида работы проведен на поле размером в 1000 га. Результаты качественной и экономической оценки машин представлены в табл. 4.

Каждому агрегату в зависимости от комплексного показателя, присваивается соответствующий ранг (первый ранг – агрегату, имеющему высокий показатель оценки). Для выявления комплексной оценки ранги суммируют. Агрегат, который получил наиболее низкий суммарный ранг, имеет преимущество в оснащении технологического процесса по выбранной технологии.

Анализируя результаты табл. 5, необходимо отметить, что на первом месте оказались зерновые сеялки С-6ПМ2, СЗП-3,6Б, СЗР-5,4, AMAZONE D9-60 Super; посевные комплексы КСКП-2,1Д × 5 ОМИЧ, Кузбасс ПК-8,5, John Deere «730». Второе место заняли сеялки John Deere 455, ASTRA SZT-5,4, СКП-2,1 × 5, Pronto 12NT «Хорш», DMC Primera 9000; посевные комплексы

Табл. 4. Оценка качества работы сеялок и посевных комплексов при возделывании зерновых культур

Table 4. Evaluation of the quality of seeders and seeding complexes in the cultivation of crops

Марка трактора и машины	Качественные		Экономические		Сумма рангов	Место в рейтинге
	оценка	ранг	оценка	ранг		
Зерновые сеялки						
Pronto 12NT «Хорш»	6,09	3	579,3	11	14	5
Обь-4-3Т	5,09	12	407,4	8	20	7
СКП-2,1 × 5 К-701	5,54	5	356,8	7	12	4
С-6ПМ2	6,35	2	209,1	2	4	1
John Deere 455	5,50	6	287,7	6	12	4
СЗР-5,4	5,82	4	268,0	5	9	2
AMAZONE D9-60 Super	5,25	10	162,0	1	11	3
ASTRA SZT-5,4	5,40	8	233,2	4	12	4
CASE IH-SDx30,	5,29	9	632,4	12	21	8
АСТРА + КД-720МК	4,84	13	419,9	9	22	9
СЗП-3,6Б	7,15	1	221,8	3	4	1
DMC Primera 9000	5,45	7	511,5	10	17	6
Посевные комплексы						
Кузбасс ПК-9,7	4,45	8	898,4	10	18	7
Кузбасс ПК-9,7А	4,44	9	863,7	8	17	6
Кузбасс-Т ПК-9,7	4,35	10	981,4	11	22	9
Кузбасс ПК-8,5	5,07	1	843,5	6	7	3
«Томь» ПК-10,6	4,74	5	1055,3	13	18	7
КПК-850МБ	3,79	13	842,7	5	18	7
КСКП-2,1Д «ОМИЧ» × 5	5,00	3	404,9	1	4	1
Иртыш-10	4,51	7	795,2	3	10	5
КПК-990МБ	4,15	11	893,1	9	20	8
John Deere «730»	5,04	2	857,1	7	9	4
AGRATOR-combidisk-9000	4,63	6	805,1	4	10	5
AGRATOR-6000М	4,87	4	559,6	2	6	2
AGRATOR 11000	3,97	12	998,0	12	24	10

Иртыш-10, AGRATOR-combidisk-9000, Кузбасс ПК-9,7А. Такие посевные машины, как СЗП-3,6 или СКП-2,1, оказались на первом месте потому, что они просты в настройке и доступны по цене, но морально устарели и их производительность уже не удовлетворяет потребителя. Для окончательного выбора необходимо ввести ограничения, которые должны учитывать требования потребителя (приспособленность к передовой технологии, производительность за смену, удобство транспортировки, скорость загрузки семенами, использование системы точного земледелия, соответствие экологическим требованиям и др.).

В заключение необходимо отметить, что параметры оптимизации по выбору наиболее приемлемых для данной зоны сельскохозяйственных машин и комплексов должны тщательно подбирать непосредственно для условий той местности, где планируют их применение с учетом требований времени и рынка сельскохозяйственной продукции.

ВЫВОДЫ

1. Предложен комплексный показатель оценки работы посевных машин и комплексов при посеве зерновых культур, который учитывает производительность, топливную экономичность, качество посева и надежность выполнения технологического процесса к определенному моменту времени.

2. Предложены наиболее эффективные наборы машин для возделывания зерновых культур, которые отличаются низкими затратами, высоким качеством выполнения работ и высокой надежностью машин. На первом месте оказались зерновые сеялки С-6ПМ2, СЗП-3,6Б, СЗР-5,4, AMAZONE D9-60 Super; посевные комплексы КСКП-2,1Д × 5 «ОМИЧ», Кузбасс ПК-8,5, John Deere «730». Второе место заняли сеялки John Deere 455, ASTRA SZT-5,4, СКП-2,1 × 5, Pronto 12NT «Хорш», DMC Primera 9000; посевные комплексы Иртыш-10, AGRATOR-combidisk-9000, Кузбасс ПК-9,7А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селиванов Н.И., Аверьянов В.В. Состав инновационного тракторного парка в сельском хозяйстве Красноярского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 6. С. 111–117.
2. Елизаров В.П., Бейлис В.М. Принципы формирования федеральной системы технологий и машин для растениеводства // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. № 1. С. 9–10.
3. Докин Б.Д., Алетдинова А.А. Анализ прошлого и будущего автоматизации растениеводства с развитием технологий точного земледелия // Вестник АПК Ставрополя. 2021. № 1. С. 10–14. DOI: 10.31279/2222-9345-2021-10-41-10-14.
4. Беляев В.И., Соколов В.В. Основные направления совершенствования сельскохозяйственной техники предприятий алтайского кластера аграрного машиностроения для реализации сберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 7 (165). С. 137–147.
5. Беляев В.И. Современная техника и информационные технологии в земледелии Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 8 (166). С. 158–162.
6. Ушанов В.А. Методика и результаты обоснования составов МТА для выполнения сельскохозяйственных работ // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2020. № 4. С. 152–157.
7. Никифоров М.В., Голубев В.В. Определение критерия качества предпосевной обработки почвы при использовании различных почвообрабатывающих машин // Вестник Московского государственного аграрного университета им. В.П. Горячкина. 2018. № 6 (88). С. 11–16.
8. Яковлев Н.С., Синещев В.Е., Маркин В.В. Анализ систем зяблевой обработки почвы под зерновые культуры // Вестник НГИЭИ. 2021. № 4 (119). С. 5–20.
9. Яковлев Н.С., Назаров Н.Н. Техническое оснащение технологии возделывания зерновых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. № 3 (256). С. 68–75.

10. Яковлев Н.С. Оценка надежности посевных машин по показателю эффективности функционирования // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2011. № 5. С. 42–44.

REFERENCES

1. Selivanov N.I., Aver'yanov V.V. The structure of innovative tractor fleet in the agricultural sector of the Krasnoyarsk region. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2021, no. 6, pp. 111–117. (In Russian).
2. Elizarov V.P., Beilis V.M. Principles of forming a federal system of technologies and machines for crop production. *Traktory i sel'skokhozyaistvennyye mashiny = Tractors and agricultural machinery*, 2005, no. 1, pp. 9–10. (In Russian).
3. Dokin B.D., Aletdinova A.A. Analysis of the past and future of crop automation with the development of precision farming technologies. *Vestnik APK Stavropol'ya = Agricultural Bulletin of Stavropol Region*, 2021, no. 1, pp. 10–14. (In Russian). DOI: 10.31279/2222-9345-2021-10-41-10-14.
4. Belyaev V.I., Sokolov V.V. Main directions of improvement of agricultural machinery of enterprises of Altai cluster of agrarian machine-building for implementation of saving technologies for crop production. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2018, no. 7 (165), pp. 137–147. (In Russian).
5. Belyaev V.I. Modern machinery and information technology in farming in Altai Krai. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2018, no. 8 (166), pp. 158–162. (In Russian).
6. Ushanov V.A. Methodology and results for justification of an MTU structure for agricultural work. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Omsk SAU*, 2020, no. 4, pp. 152–157. (In Russian).
7. Nikiforov M.V., Golubev V.V. Determining quality criteria of pre-sowing soil tillage using different tillage machines. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.P. Goryachkina = Bulletin of the Goryachkin Moscow State Agroengineering University*, 2018, no. 6 (88), pp. 11–16. (In Russian).
8. Yakovlev N.S., Sineshchekov V.E., Markin V.V. Analysis of systems of autumn tillage for grain crops. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*, 2021, no. 4 (119), pp. 5–20. (In Russian).
9. Yakovlev N.S., Nazarov N.N. Technical equipment of techniques for grain crop cultivation. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2017, vol. 47, no. 3 (256), pp. 68–75. (In Russian).
10. Yakovlev N.S. Evaluation of sowing machines' reliability according to the operating efficiency index. *Traktory i sel'skokhozyaistvennyye mashiny = Tractors and agricultural machinery*, 2011, no. 5, pp. 42–44. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Яковлев Н.С.**, доктор технических наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: yakovlev-46@inbox.ru

Расомахин Г.К., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник; e-mail: rgk1959@yandex.ru

Чекусов М.С., кандидат технических наук, директор; e-mail: sibniish@bk.ru

Чернышов А.П., старший научный сотрудник; e-mail: chap_s@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Nikolay S. Yakovlev**, Doctor of Science in Engineering, Head Researcher, Laboratory Head; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: yakovlev-46@inbox.ru

Genady K. Rasomahin, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher; e-mail: rgk1959@yandex.ru

Maxim S. Chekusov, Candidate of Science in Engineering, Director; e-mail: sibniish@bk.ru

Alexander P. Chernyshov, Senior Researcher; e-mail: chap_s@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the 23.03.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 29.04.2022
Дата публикации / Published 25.07.2022

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА МЕХАНИЗМА И АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ШИРИНОЙ ВЫТЯЖНОГО ПРОЕМА КУЛЬТИВАЦИОННОГО СООРУЖЕНИЯ

✉ Усольцев С.Ф., Ивакин О.В., Рыбаков Р.В., Подолец А.М.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск

✉ e-mail: sibime@sfsca.ru

Приведены результаты теоретических исследований возможности снижения недостатка и избытка тепла в культивационном сооружении за счет обоснования параметров и алгоритма работы механизма управления шириной вытяжного проема в режиме реального времени. Разработана кинематическая схема плоского рычажного механизма управления шириной вытяжного проема с приводом от электрического линейного актуатора. Определены зависимости угла наклона ведущего звена механизма и ширины вытяжного проема от хода штока электропривода. Максимальная величина хода штока электропривода составляет 225 мм, что позволяет изменять ширину вытяжного проема от 0 до 900 мм. При этом угол наклона оси датчика положения ведущего звена механизма изменяется от 0 до 90 град. На основании анализа процесса работы механизма и требований растений к температуре окружающего воздуха разработан алгоритм управления шириной проема, предусматривающий три возможных ситуации. При условии соответствия температуры воздуха биологическим требованиям растений ширина вытяжного проема не изменяется. Если температура воздуха превышает верхний предел, то ширина проема увеличивается на величину, определяемую шагом изменения угла ведущего звена механизма. Если температура воздуха меньше нижнего предела, то контроллер включает линейный актуатор на уменьшение ширины проема. Это обеспечивает изменение угла наклона ведущего звена на величину шага dA , которая задается при программировании. Логические операторы сравнивают текущее значение угла наклона ведущего звена с расчетным и производят включение и выключение актуатора. Предлагаемый алгоритм осуществляет последовательное приближение состояния системы к зоне оптимума и реагирует на изменение внешних условий.

Ключевые слова: температура воздуха, приточно-вытяжная вентиляция, электрический линейный актуатор, кинематическая схема, алгоритм

KINEMATIC DIAGRAM OF THE MECHANISM AND ALGORITHM FOR CONTROLLING THE WIDTH OF THE INDOOR STRUCTURE EXHAUST OPENING

✉ Usoltsev S.F., Ivakin O.V., Rybakov R.V., Podolets A.M.

Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

✉ e-mail: sibime@sfsca.ru

The results of theoretical studies of the possibility of reducing the lack and excess of heat in the cultivation structure by substantiating the parameters and algorithm of the mechanism of real-time control width of the exhaust opening are presented. A kinematic diagram of a flat lever mechanism for controlling the width of the draft opening with a drive from an electric linear actuator has been developed. Dependences of the angle of inclination of the leading link of the mechanism and the width of the exhaust opening on the stroke of the actuator rod are determined. The maximum travel of the actuator rod is 225 mm, which allows you to change the width of the exhaust opening from 0 to 900 mm. In this case, the angle of the axis of the master link position sensor varies from 0 to 90 degrees. Based on the analysis of the operation process of the mechanism and the requirements of the plants to the ambient air temperature, an algorithm for controlling the width of the opening was developed, providing for three possible situations. As long as the air temperature meets the biological requirements of the plants, the width of the exhaust opening does not change. If the air temperature exceeds the upper limit, the width of the opening is increased by the value determined by the angle change step of the mechanism driving link. If the air temperature is less than the lower limit, the controller turns on the

linear actuator to reduce the opening width. This ensures that the tilt angle of the master link changes by the step dA , which is set during the programming. Logic operators compare the current value of the angle of inclination of the master link with the calculated value and switch the actuator on and off. Thus, the proposed algorithm consistently approximates the state of the system to the optimum zone and reacts to the changes in external conditions.

Keywords: air temperature, supply and exhaust ventilation, electric linear actuator, kinematic scheme, algorithm

Для цитирования: Усольцев С.Ф., Ивакин О.В., Рыбаков Р.В., Подолец А.М. Кинематическая схема механизма и алгоритм управления шириной вытяжного проема культивационного сооружения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 107–113. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-12>. EDN XTQEEF.

For citation: Usoltsev S.F., Ivakin O.V., Rybakov R.V., Podolets A.M. Kinematic diagram of the mechanism and algorithm for controlling the width of the indoor structure exhaust opening. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 107–113. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-12>. EDN XTQEEF.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Общемировой тенденцией развития овощеводства является переход к энергосберегающим технологиям и перемещение площадей защищенного грунта в южные регионы страны [1–3]. Другой способ снижения потерь тепла – использование листовых и сотовых пластиков для изготовления ограждающих конструкций культивационных сооружений [4, 5].

Повышение теплообеспеченности периода вегетации возможно за счет использования временных культивационных сооружений. Это обеспечивает снижение воздействия негативных факторов внешней среды и урожайность томатов около 4 кг/м^2 [6]. В промежутки времени, когда температура воздуха не опускается ниже биологических требований растений, теплообеспеченность перестает быть лимитирующим фактором, а высокие дневные температуры создают опасность перегрева. В это время необходимо решать обратную задачу – обеспечить удаление нагретого воздуха из культивационных сооружений с помощью вентиляции. Проблема состоит в том, что в течение суток можно наблюдать как недостаток, так и избыток тепла внутри культивационного сооружения [7, 8].

Цель работы – представить результаты исследования по снижению недостатка и избытка тепла за счет обоснования параме-

тров и алгоритма работы механизма управления шириной вытяжного проема в режиме реального времени.

Биологические требования томатов к температуре воздуха достаточно полно изучены и приведены в литературе [9–11]. Минимальная температура воздуха, при которой происходят процессы роста и развития растения, должна быть не менее 15°C , так как при более низкой температуре складываются неблагоприятные условия для прорастания пыльцы и оплодотворения. Кроме того, созревающие плоды не принимают характерную окраску. Повышение температуры воздуха выше 30°C , особенно при высокой влажности, способствует слипанию и стерилизации пыльцы, что приводит к снижению урожайности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для осуществления естественной приточно-вытяжной вентиляции необходимо иметь два управляемых проема: приточный и вытяжной.

Интенсивность тепло-массообмена между культивационным сооружением и внешней средой зависит от площади вытяжного проема и скорости восходящих воздушных потоков.

Процесс управления вентиляцией заключается в автоматическом изменении

¹Овощеводство Западной Сибири: монография / Ю.К. Тулупов, Е.Г. Гринберг, В.А. Овчинников. М.: Колос, 1981. 255 с.

площади проемов в зависимости от температуры воздуха внутри культивационного сооружения² [2]. Применение гидроцилиндров – наиболее простой и дешевый способ управления открытием вентиляции. Данный способ управления вентиляцией за счет теплового расширения жидкости, находящейся в гидроцилиндрах, применяют в теплицах, парниках и в других культивационных сооружениях. Закономерности процесса вентиляции для капитальных строений и теплиц достаточно хорошо изучены³ [12], но конструктивные особенности временных культивационных сооружений ограничивают их использование и требуют проведения дополнительных исследований.

Для исследования параметров воздушных потоков в укрытиях использована лабораторная установка. Измерение температуры и скорости воздушных потоков проводили в плоскостях приточного и вытяжного проемов и внутри укрытия с применением термоанемометров ТТМ 2-04. Дополнительно измеряли температуру воздуха внутри укрытия и температуру поверхности корпуса гидроцилиндра путем установки датчиков температуры ДТС034-50М. Для регистрации и архивиро-

вания результатов измерений использовали комплект приборов, в который входят модуль сбора данных МСД 100, адаптеры RS485-USB, ноутбук. Равновесное состояние между притоком тепла от нагревателей и его выносом устанавливается при температуре воздуха в укрытии около 30 °С и ширине вытяжного проема 0,5 м. Длительность периода снижения температуры удаляемого воздуха после выключения нагрева составляет 45 мин.

Использование гидроцилиндров для автоматического привода механизма регулирования ширины вытяжного проема устойчиво поддерживает температуру воздуха внутри сооружения в процессе нагрева, но неэффективен в процессе охлаждения из-за высокой тепловой инерции [13].

Снизить влияние тепловой инерции возможно за счет применения системы управления шириной вытяжного проема с электрическим линейным актуатором. Исходя из требований к интервалу изменения ширины проема и возможностей стандартных электроприводов разработана кинематическая схема управления шириной вытяжного проема (см. рис. 1). Управление осуществляется при помощи электрического линейного ак-

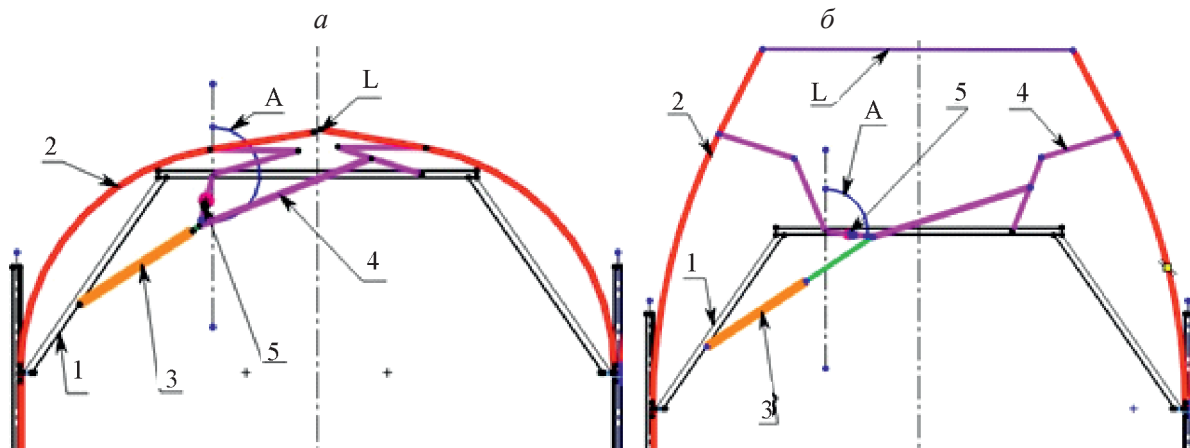


Рис. 1. Кинематическая схема управления вентиляцией:

a – вентиляция закрыта; *б* – вентиляция открыта; 1 – каркас укрытия; 2 – лист поликарбоната; 3 – электрический линейный актуатор; 4 – плоский рычажный механизм; 5 – датчик угла наклона рычага РТАМ 27; *A* – угол поворота рычага, *L* – ширина вытяжного проема

Fig. 1. Kinematic diagram of the ventilation control

a – ventilation closed, *б* – ventilation open; 1 – frame cover, 2 – polycarbonate sheet; 3 – electric linear actuator; 4 – flat lever mechanism; 5 – lever angle sensor RTAM 27; *A* – lever rotation angle; *L* – width of the exhaust opening.

²Егизаров А.Г. Отопление и вентиляция зданий и сооружений сельскохозяйственных комплексов: монография. М.: Стройиздат, 1981. 239 с.

³Панин Б.Г. Основы теории теплотехники, отопление, вентиляция, сушка и охлаждение: монография. М.: Легкая индустрия, 1980. 380 с.

туатора и плоского рычажного механизма. Размер вытяжного проема зависит от выхода рейки актуатора.

В положении, когда рейка находится внутри корпуса актуатора, вытяжной проем закрыт (см. рис. 1, а). Максимальное выдвижение рейки соответствует полному открытию вентиляции (см. рис. 1, б). Определение размера вытяжного проема осуществляется путем измерения угла поворота (A) ведущего звена плоского рычажного механизма с помощью датчика угла поворота РТАМ 27, показания которого выводятся в модуль сбора данных МСД 200.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зависимости угла наклона датчика РТАМ 27 и ширины вытяжного проема от хода штока электропривода получены графическим путем. График зависимостей приведен на рис. 2, из которого следует, что зависимости угла наклона датчика РТАМ 27 и ширины вытяжного проема линейны и аппроксимируются уравнениями первого порядка. Управление шириной проема будет осуществляться логическим контроллером. Максимальная величина хода штока элек-

тропривода составляет 225 мм, что позволяет изменять ширину вытяжного проема от 0 до 900 мм. При этом угол наклона оси датчика положения ведущего звена механизма изменяется от 0 до 90 град.

Схема алгоритма управления шириной проема приведена на рис. 3.

Алгоритм управления шириной проема предусматривает три варианта.

1. Температура воздуха в культивационном сооружении находится в пределах зоны оптимума. Это определяется положительным выходом логических операторов сравнения измеренной температуры с нижним и верхним пределами зоны оптимума. В этом случае изменение ширины проема не требуется, и система находится в режиме ожидания до следующего измерения температуры через промежуток времени dt .

2. Измеренная температура воздуха меньше нижнего предела (отрицательный выход логического оператора). Контроллер включает привод закрытия проема на величину угла наклона рычага dA , после чего система переходит в режим ожидания.

3. Температура в укрытии больше верхнего предела. Контроллер включает привод

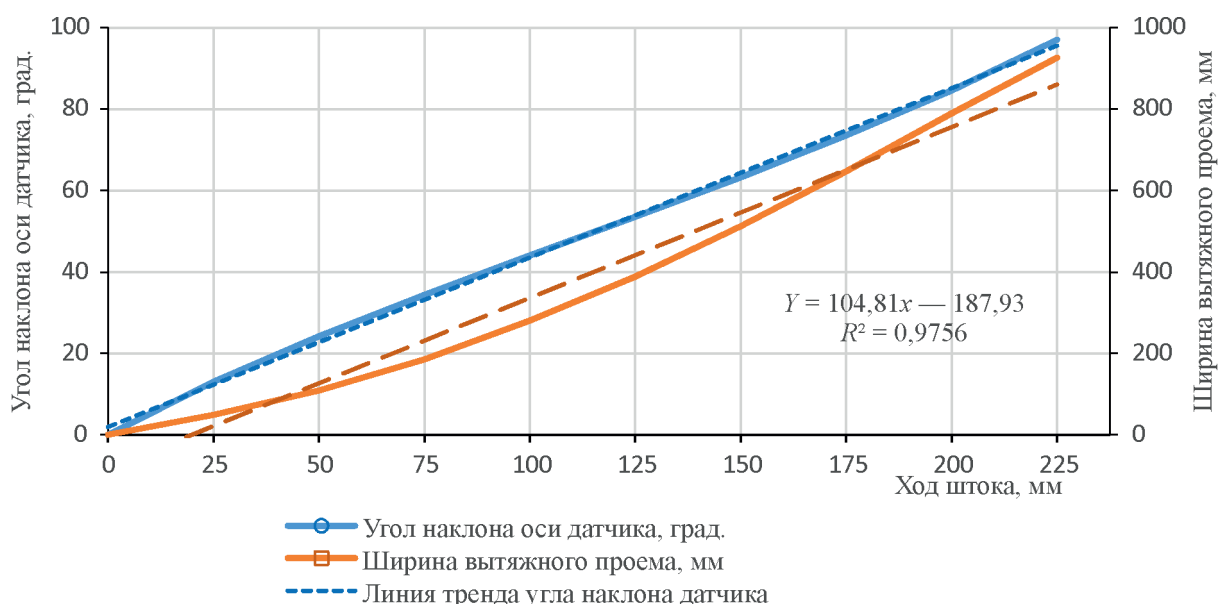


Рис. 2. Зависимости угла наклона оси датчика РТАМ 27 и ширины вытяжного проема от хода штока актуатора

Fig. 2. Dependence of the angle of inclination of the axis of the sensor RTAM 27 and the width of the exhaust opening on the stroke of the electric drive rod

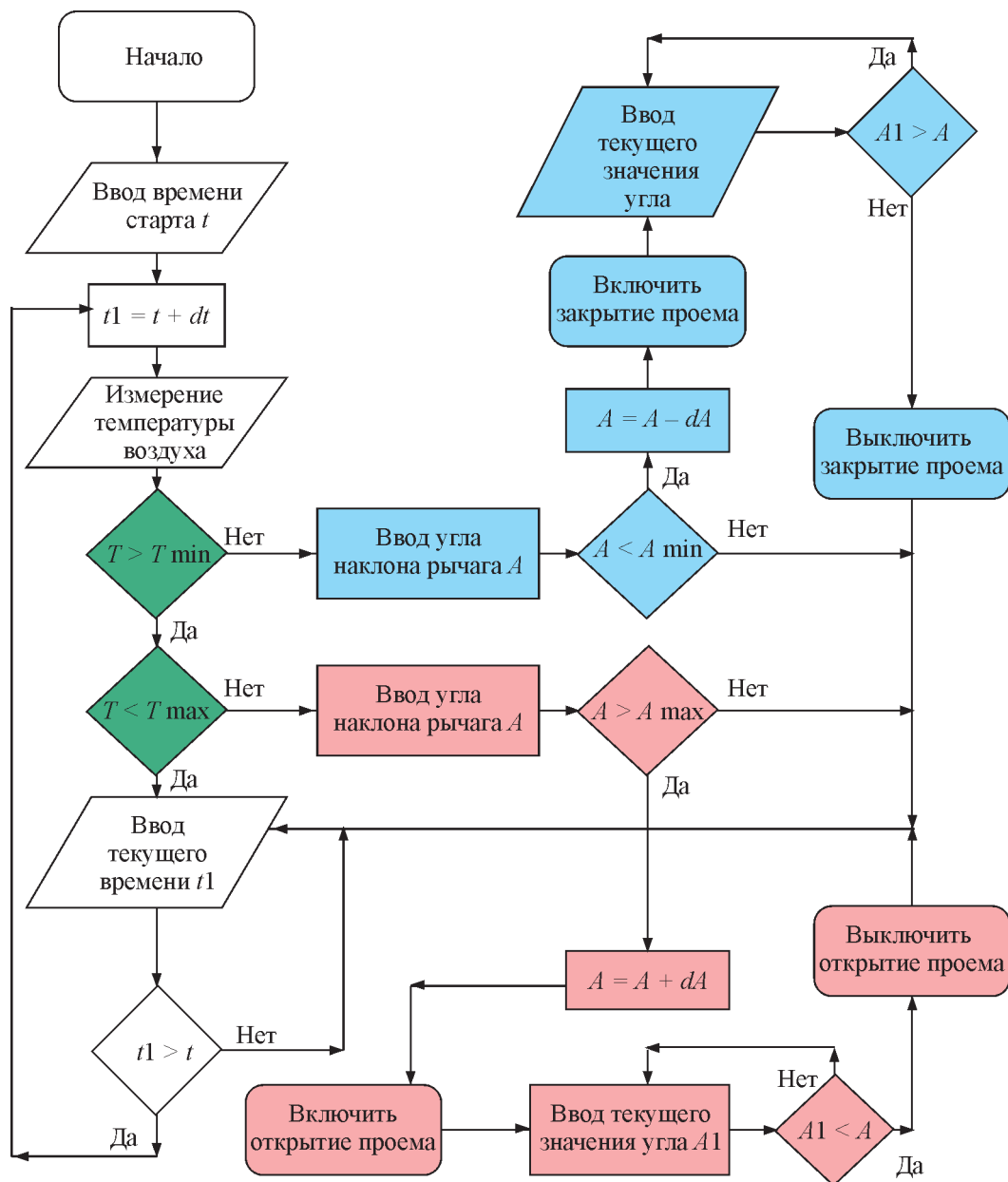


Рис. 3. Схема алгоритма управления шириной проема

Fig. 3. Diagram of the opening width control algorithm

открытия проема на величину угла наклона рычага dA , после чего система переходит в режим ожидания.

Управляемыми параметрами в алгоритме являются dt – интервал измерений температуры; dA – шаг изменения угла наклона рычага.

Интервал измерений температуры определяется тепловой инерцией системы. Так, в условиях проведения лабораторного эксперимента в 2018 г. существенные изменения ширины проема происходили через 5 мин, в открытом грунте этот параметр зависит от

скорости изменения внешних условий и в среднем составляет 15 мин. Из построений схемы механизма следует, что $A_{\max} = 90^\circ$, $A_{\min} = 0$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Снижение недостатка и избытка тепла в культивационном сооружении может быть достигнуто за счет изменения ширины вытяжного проема от 0 до 900 мм. Разработана кинематическая схема плоского рычажного механизма управления шириной вытяжного

проема с приводом от электрического линейного актуатора с длиной хода штока не менее 225 мм. Предложен алгоритм изменения ширины вытяжного проема в зависимости от температуры воздуха внутри культивационного сооружения в режиме реального времени. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании системы естественной вентиляции культивационного сооружения, обеспечивающей последовательное приближение температуры воздуха к биологическим требованиям растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвинов С.С., Разин А.Ф., Иванова М.И., Мещерякова Р.А., Разин О.А. Состояние, проблемы, перспективы и риски развития овощеводства России в условиях санкций // Картофель и овощи. 2016. № 2. С. 25–29.
2. Колчина Л.М. Тенденции развития производства овощной продукции в защищенном грунте // Техника и оборудование для села. 2016. № 9. С. 12–16.
3. Чернова Т.В., Огнев В.В., Авдеенко С.С., Габимова Е.Н., Корсунов Е.И. Совершенствование технологии возделывания томата и конструкции весенних теплиц для получения экологически безопасной продукции // Картофель и овощи. 2020. № 5. С. 11–16.
4. Аутко А.А., Гануш Г.И., Долбик Н.Н. Овощеводство защищенного грунта: монография. М.: Издательство «ВЭВЭР», 2006. 320 с.
5. Панова Г.Г., Драгавцев В.А., Желтов Ю.И., Судаков В.Л., Черноусов И.Н., Канаш Е.В., Аникина Л.М., Удалова О.Р. Стратегия наукоемкого ресурсосберегающего круглогодичного производства высококачественной растительной продукции // Аграрная Россия. 2009. № 51. С. 7–10.
6. Кайтмазов Т.В. Обеспечение параметров микроклимата в каркасных строительных конструкциях // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2006. № 11. С. 14–20.
7. Малышев Н.А., Логинов И.А. Исследование температурного и тепловлажностного режима культивационных сооружений в теплый период года // Приволжский научный журнал. 2010. № 4 (16). С. 106–113.
8. Нестяк В.С., Чепурин Г.Е., Ивакин О.В., Усольцев С.Ф. Защитные экраны – резервные возможности для овощеводства // До-

стижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 8. С. 83–86.

9. Круг Г. Овощеводство: монография / пер. с нем. В.И. Леунова. М.: Колос, 2000. 576 с.
10. Молчанов А.Г., Авдеева В.Н. Оптимизация параметров микроклимата теплиц // Техника и оборудование для села. 2009. № 9. С. 39–40.
11. Литвинов С.С. Научные основы современного овощеводства: монография. М., 2008. 771 с.
12. Уайт В. Технология чистых помещений. Основы проектирования, испытаний и эксплуатации: монография. М.: Клинрум, 2002. 304 с.
13. Усольцев С.Ф., Нестяк В.С., Ивакин О.В., Нестяк Г.В., Гончаренко Ю.В. Обоснование привода механизма управления вентиляцией крупногабаритного укрытия экранного типа // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 79–86. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-10.

REFERENCES

1. Litvinov S.S., Razin A.F., Ivanova M.I., Meshcheryakova R.A., Razin O.A. State, problems, prospects, risks of development of vegetable growing in Russia under sanctions. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and vegetables*, 2016, no. 2, pp. 25–29. (In Russian).
2. Kolchina L.M. Development trends in production of vegetables in protected ground. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = Machinery and Equipment for Rural Area*, 2016, no. 9, pp. 12–16. (In Russian).
3. Chernova T.V., Ognev V.V., Avdeenko S.S., Gabimova E.N., Korsunov E.I. Improving tomato cultivation technology and spring greenhouse construction to produce ecologically safe products. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and vegetables*, 2020, no. 5, pp. 11–16. (In Russian).
4. Autko A.A., Ganush G.I., Dolbik N.N. *Protected ground vegetable growing*. Moscow, VEVER Publ., 2006, 320 p. (In Russian).
5. Panova G.G., Dragavtsev V.A., Zheltov Yu.I., Sudakov V.L., Chernousov I.N., Kanash E.V., Anikina L.M., Udalova O.R. Providing strategy of science-intensive resource-saving year-round production of high-quality plant products. *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*, 2009, no. 51, pp. 7–10. (In Russian).

6. Kaitmazov T.V. Building materials, equipment, technologies of the XXI century. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka = Construction materials, equipment, technologies of the XXI century*, 2006, no. 11, pp. 14–20. (In Russian).
7. Malyshev N.A., Loginov I.A. Study of temperature and thermal-humidity conditions of cultivation facilities during the warm period of the year. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal = The Privolzhsky scientific journal*, 2010, no. 4 (16), pp. 106–113. (In Russian).
8. Nestyak V.S., Chepurin G.E., Ivakin O.V., Usoltsev S.F. Protecting screens as spare capacities for vegetable growing. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2016, vol. 30, no. 8, pp. 83–86. (In Russian).
9. Krug G. *Vegetable growing*. Translated from German V.I. Leunova. Moscow, Kolos Publ., 2000, 576 p. (In Russian).
10. Molchanov A.G., Avdeeva V.N. Parameter optimization of greenhouse microclimate. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = Machinery and Equipment for Rural Area*, 2009, no. 9, pp. 39–40. (In Russian).
11. Litvinov S.S. *Scientific bases of modern vegetable growing*. Moscow, 2008, 771 c. (In Russian).
12. White V. *Clean room technology. Basis of design, testing and operation*. Moscow, Klinrum Publ., 2002, 304 p. (In Russian).
13. Usoltsev S.F., Nestyak V.S., Ivakin O.V., Nestyak G.V., Goncharenko Yu.V. Feasibility evaluation of the ventilation control mechanism drive of a large screen canopy. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 3, pp. 79–86. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-10.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Усольцев С.Ф.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: sergey.usolczev@yandex.ru

Ивакин О.В., доктор технических наук, ведущий научный сотрудник

Рыбаков Р.В., младший научный сотрудник

Подолец А.М., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Sergey F. Usoltsev**, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: sergey.usolczev@yandex.ru

Oleg V. Ivakin, Doctor of Science in Engineering, Lead Researcher

Roman V. Rybakov, Junior Researcher

Andrey M. Podolets, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 04.02.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 11.04.2022
Дата публикации / Published 25.07.2022



ЦИТОТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКИСЛЕННОГО ГРАФЕНА НА БАКТЕРИАЛЬНЫЕ КЛЕТКИ

✉¹Красочко П.А., ¹Корочкин Р.Б., ¹Понаськов М.А., ²Ронищенко Б.В., ²Шманай В.В.

¹Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины
Витебск, Республика Беларусь

²Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси
Минск, Республика Беларусь

✉e-mail: krasochko@mail.ru

Представлены результаты исследований внедрения нанотехнологий в различные сферы научной деятельности. В медицинской и ветеринарной практике перспективными считаются наночастицы различных форм углерода, так как они обладают широким арсеналом биомодулирующих эффектов на организм, проявляя незначительное экотоксическое и организмотоксическое воздействие. Большое значение для использования в медицине имеет их антибактериальное действие. Микроорганизмы являются одним из объектов изучения цитотоксических свойств новых лекарственных препаратов. Проведена оценка цитотоксического действия наночастиц окисленного графена на основные типы бактериальных клеток по результатам световой и атомно-силовой микроскопии. Световая микроскопия позволила установить, что действие субингибирующих концентраций наночастиц окисленного графена, достигнутое путем исследования колоний микроорганизмов на границе ингибиции их роста, может приводить к тинкториальной трансверсии у грамположительных микроорганизмов, в частности, золотистого стафилококка, в то время как у грамотрицательной кишечной палочки подобного феномена не отмечается. Методом атомно-силовой микроскопии установлено, что токсические концентрации наночастиц окисленного графена приводят к морфологической деградации, степень которой зависит от времени экспозиции наночастиц. При экспозиции в 30 мин наблюдали морфологическую деградацию клеток у основных типов бактерий (кокки, палочки), сопровождающуюся уменьшением контуров клеток. При увеличении экспозиции от 30 до 90 мин наблюдали полную морфологическую деструкцию бактериальных клеток и распад композиции бактериальной популяции. Цитотоксическая концентрация наночастиц окисленного графена составляет значение более $75 \text{ мкг} \cdot \text{мл}^{-1}$, что установлено по результатам микроскопии образцов тестовых культур (*Escherichia coli* ATCC 25922 и *Staphylococcus aureus* ATCC 6538).

Ключевые слова: наночастицы, окисленный графен, световая микроскопия, атомно-силовая микроскопия, бактериальная морфология

THE CYTOTOXIC EFFECT OF GRAPHENE OXIDE NANOPARTICLES ON BACTERIAL CELLS

✉¹Krasochko P.A., ¹Korochkin R.B., ¹Ponaskov M.A., ²Ronishenko B.V., ²Shmanai V.V.

¹Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine
Vitebsk, Republic of Belarus

²Institute of Physical Organic Chemistry, National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, Republic of Belarus

✉e-mail: krasochko@mail.ru

The results of research on the introduction of nanotechnology in various fields of scientific activities are presented. In medical and veterinary practice, nanoparticles of various forms of carbon

are considered promising, because they have a wide arsenal of biomodulatory effects on the body, exhibiting little ecotoxic and organismotoxic effects. Their antibacterial effect is of great importance for the use in medicine. Microorganisms are one of the objects of study of the cytotoxic properties of new medicinal products. The cytotoxic effect of oxidized graphene nanoparticles on the main types of bacterial cells was evaluated by light and atomic force microscopy. Light microscopy allowed to establish that the effect of subinhibitory concentrations of nanoparticles of oxidized graphene, achieved by studying the colonies of microorganisms on the border of their growth inhibition, can lead to tinctorial transversion in Gram-positive microorganisms, in particular *Staphylococcus aureus*, while in Gram-negative *E. coli* such a phenomenon is not observed. Using the method of atomic force microscopy, it was found that toxic concentrations of oxidized graphene nanoparticles lead to morphological degradation, the degree of which depends on the exposure time of nanoparticles. Morphological degradation of cells in the main types of bacteria (cocci, bacilli), accompanied by a decrease in cell contours, was observed at 30 min exposure. When the exposure was increased from 30 to 90 min, complete morphological destruction of the bacterial cells and decay of the bacterial population composition were observed. The cytotoxic concentration of oxidized graphene nanoparticles is more than $75 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, as determined by the results of microscopy of test culture samples (*Escherichia coli* ATCC 25922 and *Staphylococcus aureus* ATCC 6538).

Keywords: nanoparticles, graphene oxide, light microscopy, atomic force microscopy, bacterial morphology

Для цитирования: Красочко П.А., Корочкин Р.Б., Понаськов М.А., Ронищенко Б.В., Шманай В.В. Цитотоксическое действие наночастиц окисленного графена на бактериальные клетки // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 114–125. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-13>. EDN YPUCPQ.

For citation: Krasochko P.A., Korochkin R.B., Ponaskov M.A., Ronishenko B.V., Shmanai V.V. The cytotoxic effect of graphene oxide nanoparticles on bacterial cells. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 114–125. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-3-13>. EDN YPUCPQ.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Быстрое развитие нанотехнологий привело к производству в больших количествах наночастиц и дальнейшему их распространению в окружающей среде. Благодаря своим уникальным свойствам, обусловленным их наноразмерностью, наночастицы вызывают большой интерес в ветеринарной и медицинской областях. Однако существует мнение по поводу их потенциального неблагоприятного воздействия как на экологию и живые организмы в целом, так и на отдельные клетки в частности.

Основным компонентом биосферы считаются микроорганизмы, которые обеспечивают как целостность всей биосферы, так и благополучие составляющих ее макроорганизмов, поэтому характер эффектов, вызванных действием наночастиц на бактерии, можно считать первичным индикатором экотоксического воздействия на биосферу.

Многочисленными работами исследователей установлено, что клеточные эффекты при действии наночастиц имеют сильную зависимость от множества параметров последних, таких как их размер, заряд, форма и химическая природа, но также различаются в зависимости от типа клеток и условий окружающей среды [1]. В этой связи представляется принципиально важным исследовать характер взаимодействия наночастиц и клетки, чтобы обеспечить безопасное и инновационное развитие нанотехнологий в медицине и экологии, включая возможность использования препаратов на основе наноматериалов в качестве альтернативы антибиотикам для специфического и эффективного воздействия на бактерии [2].

Конкретный механизм цитотоксического действия наночастиц на бактериальную клетку всегда многогранный и может включать разрушение бактериальных мембран [3], продукцию активных форм кислорода

[4], а также другое воздействие на метаболизм [5]. В большинстве предыдущих исследований авторы, включая собственные работы [6–8], изучали физиологические характеристики жизнеспособности и ферментативной активности бактерий, чтобы оценивать цитотоксический эффект наночастиц с помощью доступных методик культивирования с подсчетом колониеобразующих единиц (КОЕ) либо плотности бактериальной популяции. В любом случае без наблюдений оставались непосредственные цитотоксические эффекты. При этом в большинстве работ исследователи, включая авторов данной статьи, использовали наиболее признанные цитотоксические наноматериалы, в частности, наночастицы благородных металлов (серебра) с доказанным сильным антибактериальным действием.

Однако каким бы ни был механизм антибактериального действия наночастиц, их первоначальное воздействие основано на контакте между внешней клеточной мембраной клетки и наноконпонента. Все последующие модификации морфологических характеристик бактериальных клеток и композиции всей бактериальной популяции отражают цитотоксическое действие данного наноматериала.

В последнее время возник значительный интерес к углеродным наноматериалам благодаря ряду уникальных свойств, невысокой стоимости и доступности их синтеза. Из их числа окисленный графен является производным графена, который считается одним из многообещающих материалов в биомедицинских исследованиях. В частности, он известен как антимикробный наноконпонент с удовлетворительной биосовместимостью. С другой стороны, этот наноматериал имеет приемлемые физические параметры, ценные для биомедицинского применения. Так, оксид графена содержит различные функциональные группы, такие как гидроксильные, эпоксидные и карбоксильные, которые обеспечивают его хорошую растворимость в воде. Хотя стабильность коллоидов окисленного графена не всегда достаточна, что ограничивает их широкое использование, исследования авторов в данной области позволи-

ли синтезировать наноразмерные коллоидно стабильные формы этого материала [9].

Одним из современных методов морфологической оценки микроорганизмов является атомно-силовая микроскопия. Ее использование в микробиологии дает возможность получить объективную информацию о физических параметрах изучаемых микрообъектов, оценивать их морфологические характеристики и визуализировать композиции всей бактериальной популяции. Кроме того, до сих пор информативными остаются традиционные методы оценки тинкториальных свойств бактерий, в частности, окраска по Граму, которая дает возможность определить по грампринадлежности исследованной культуры микроорганизмов особенности химического строения клеточной стенки, которая считается основным барьером взаимодействия микроорганизма с внешней средой.

Ранее проводились изучение и оценка антибактериального действия наночастиц разных форм углерода [10], в которых установлена различная степень бактериоингибирующего действия. Оно в значительной степени зависело от формы наноматериала, его размера и коллоидной стабильности, то есть имело выраженный интегральный характер. Ранними работами многих исследователей, в том числе авторов данной статьи, проводились оценки цитотоксического действия наночастиц на бактериальные клетки методом атомно-силовой микроскопии, однако во всех случаях использовались мало биосовместимые материалы, в частности наночастицы серебра или меди, что предполагало сильный цитотоксический эффект, но также являлось сильным препятствием их широкого использования в медицине. Доступность наноматериала на основе базового биоэлемента углерода открывает широкие возможности в биологии, однако остается малоизученным вопрос его токсического действия на клетку.

Цель исследований – изучить влияние наночастиц окисленного графена на бактериальные клетки основных представителей условно-патогенной микробиоты (*Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*) с использованием атомно-силовой и классической световой микроскопии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве тестового наноматериала с предполагаемым цитотоксическим действием использован образец коллоидного раствора окисленного графена со стабильными физико-химическими параметрами, приготовленный по методике [9]. Исходная концентрация наночастиц в образце составляла $600 \text{ мкг} \cdot \text{мл}^{-1}$, их средний диаметр лежал в пределах 100–120 нм. В опытах использовали различные концентрации тестового образца коллоида, которые (после добавления к бактериальной культуре) имели следующие значения: $300 \text{ мкг} \cdot \text{мл}^{-1}$, $150 \text{ мкг} \cdot \text{мл}^{-1}$, $75 \text{ мкг} \cdot \text{мл}^{-1}$ и $35 \text{ мкг} \cdot \text{мл}^{-1}$.

Исследуемыми микроорганизмами служили 18-часовые бактериальные культуры двух микроорганизмов (*Escherichia coli* ATCC 25922 и *Staphylococcus aureus* ATCC 6538) как представителей наиболее широко распространенной условно-патогенной микрофлоры, принадлежащих к различным классам бактерий (грамотрицательные палочки и грамположительные кокки). Тестовые микроорганизмы культивировали в бульоне Мюллера-Хинтона. После этого проводили дополнительное культивирование на одноименном агаре с добавлением наночастиц окисленного графена. Для этого после распределения бульонной культуры по поверхности агара в чашке Петри в его толще производили отверстия стерильным пробойником диаметром 5 мм, в которые вносили 0,1 мл тестового образца коллоидного раствора наночастиц окисленного графена. Тинкториальные свойства микроорганизмов оценивали по результатам окраски по Граму.

Для атомно-силовой микроскопии (АСМ) проводили фиксацию бульонных бактериальных культур на блюде, тончайший слой которой приготавливали путем прикладывания скотча. До нанесения на поверхность подложки испытуемые бактериальные культуры подвергли воздействию коллоидных растворов окисленного графена в течение 30 и 90 мин, после чего проводили их осаждение на блюде путем капельной преципитации в количестве 5 мкл методом микропипетирования. Высушивание исследуемого

образца осуществляли путем естественного испарения. Приготовленные микропрепараты помещали в атомно-силовой микроскоп, подключенный через интерфейс с функциональным компьютером, на котором была установлена рабочая версия программы визуализации АСМ. В атомно-силовой микроскопии визуально оценивали целостность бактериальной клетки, композицию ее поверхности, а также структуру бактериальной популяции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После первоначального культивирования тестовых микроорганизмов на агаре Мюллера-Хинтона с добавленным в вырубленную лунку раствором наночастиц окисленного графена проводили отбор колоний на границе зоны ингибиции роста бактерий, где ожидалась субингибирующая концентрация наночастиц (см. рис. 1). В качестве контроля отбирали колонии микроорганизмов на максимальном удалении от места внесения наночастиц, где ожидалось их минимальное количество. После отбора бактериальной культуры приготавливали микропрепараты, фиксировали их химическим путем и окрашивали по методу Грама в стандартной методике. Изучение морфо-тинкториальных характеристик культур тестовых микроорганизмов позволило оценить характер цитотоксического действия наночастиц окисленного графена при концентрации, близкой к бактериоингибирующей (на границе зоны ингибирования роста) в сравнении с ее минимальным значением (на периферии роста).

При световой микроскопии микропрепаратов отмечали сохранение типичных морфологических свойств *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus* (короткие палочки и кокки соответственно). Тем не менее, при окраске по Граму отмечали необычный феномен тинкториальной трансверсии культуры стафилококка, в которой он менял свою принадлежность с грамположительной частично в грамотрицательную. Данный феномен имел кластерный несплошной характер, который отмечен только в микропрепаратах культур, отобранных на границе зоны ингибирования роста бактерий, где ожидалась па-

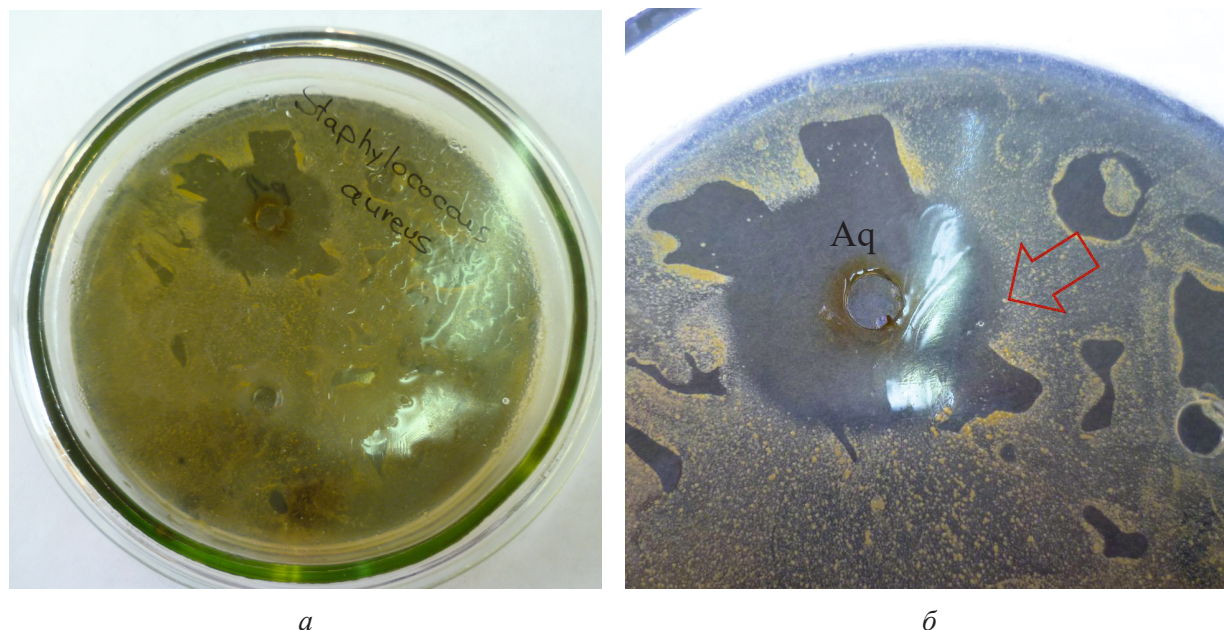


Рис. 1. Ингибция роста культуры *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 на среде Мюллера-Хинтона: *a* – колония культуры микроорганизма при локальном добавлении водного раствора наночастиц окисленного графена (лунка обозначена буквами Aq); *б* – колония культуры микроорганизма, отобранная для микроскопического исследования

Fig. 1. Growth inhibition of *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 culture on Muller-Hinton agar:

a - microbial culture colony with local addition of an aqueous solution of oxidized graphene nanoparticles (the well is marked with the letters Aq); *б* - microbial culture colony, selected for microscopic study

ралетальная концентрация наночастиц. В культуре кишечной палочки подобного феномена не отмечено, однако данный микроорганизм принадлежит к числу грамотрицательных.

На рис. 2 представлены микрофотографии препаратов колоний золотистого стафилококка, отобранные на границе зоны ингибирования роста, в котором очевидны массивные кластеры бактерий с измененными тинкториальными свойствами. При этом в контроле подобная тинкториальная диссоциация не была заметна, а отмечена типичная морфологическая картина, свойственная типовым штаммам *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (см. рис. 3).

Следует отметить, что подобный феномен изменения тинкториальных свойств у грамположительных микроорганизмов под действием цитолитических токсинов мало описан в литературе, что отражает недостаточное внимание исследователей к световой микроскопии как к инструменту оценки биологических свойств бактерий.

Как известно, окраска по Граму является базовым методом исследования в микробиологии, в котором микроорганизмы делят-

ся на две группы в зависимости от состава клеточной стенки и содержания в ней пептидогликана. Пептидогликан является основным компонентом бактериальной клеточной стенки как у грамположительных, так и у грамотрицательных бактерий. Этот мунопептид может быть модифицирован под действием бактериальных гликолитических и пептидолитических ферментов (гидролаз) либо цитотоксических веществ, называемых аутолизинами. Модификации или вариации базовой структуры пептидогликана встречаются среди всех видов микроорганизмов, но наиболее очевидны среди грамположительных бактерий, исходя из гораздо более высокого его содержания. Многие модификации являются специфичными из-за действия уникальных модифицирующих или лизирующих ферментов.

Кроме того, структура пептидогликана также может нарушаться в ответ на изменения условий культивирования, в частности, при наличии токсических веществ, особенно тех, механизм действия которых нацелен на клеточную стенку [11]. В любом случае,

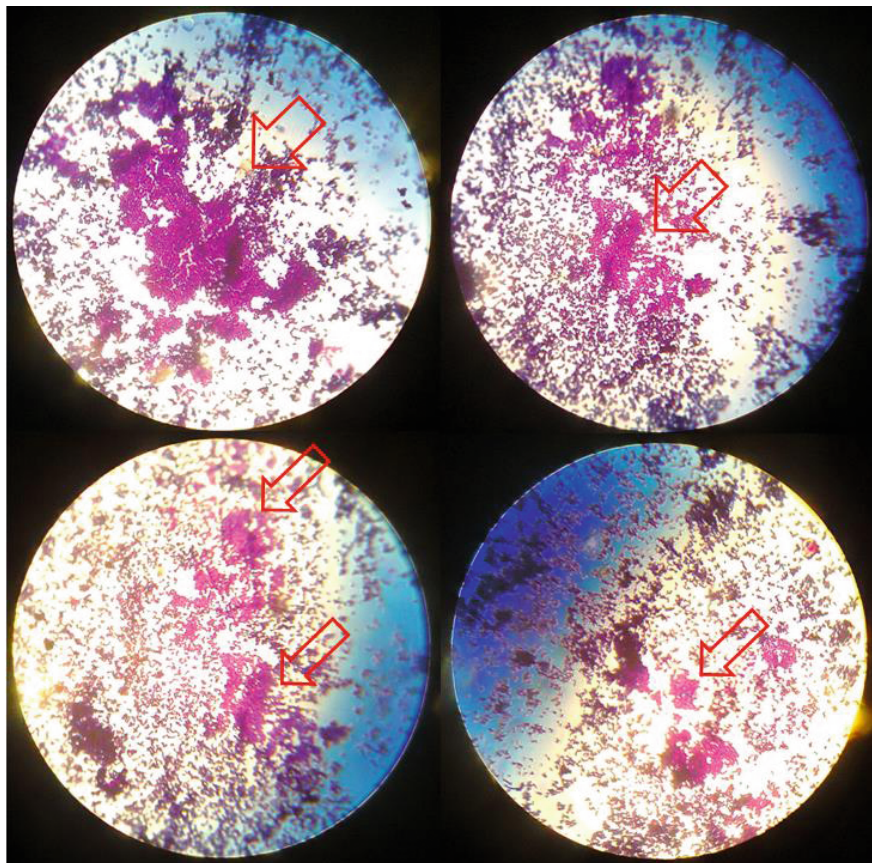


Рис. 2. Тинкториальная диссоциация культуры *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 при действии паралетальных концентраций наночастиц окисленного графена (окраска по Граму, увеличение 800, кластерный эффект тинкториальной трансверсии бактериальных клеток с грамположительной окраски на грамотрицательную — отмечен стрелками)

Fig. 2. Tinctorial dissociation of *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 culture in the presence of para-lethal concentrations of graphene oxide nanoparticles (Gram stain, magnification 800, cluster effect of tinctorial transversion of bacterial cells from Gram-positive to Gram-negative staining is indicated by arrows)

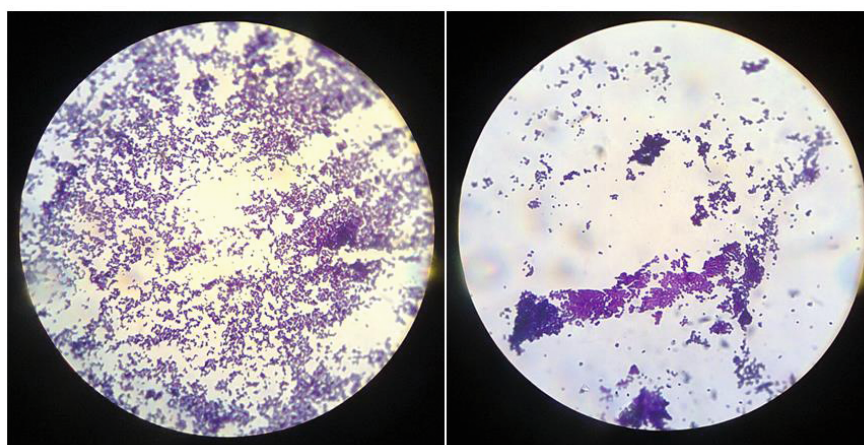


Рис. 3. Контрольные образцы *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 при действии минимальных концентраций наночастиц окисленного графена (окраска по Граму, увеличение 800, сплошная грамположительная окраска клеток всей бактериальной культуры)

Fig. 3. Control samples of *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 in the presence of minimal concentrations of graphene oxide nanoparticles (Gram stain, 800 magnification, continuous gram-positive staining of cells of the entire bacterial culture)

мы не ставили перед собой цель установить истинный механизм тинкториальной трансверсии в культуре золотистого стафилококка, однако учитывая то, что грампринадлежность бактерии определяется составом клеточной стенки, можно заключить, что наночастицы окисленного графена воздействуют на эту клеточную структуру, а его сублетальные концентрации существенно нарушают ее состав.

Атомно-силовая микроскопия позволила визуально оценить характер морфологических изменений в бактериальных клетках и всей бактериальной популяции, обусловленных токсическим действием наночастиц окисленного графена. Контрольные образцы бактериальных культур при АСМ визуально соответствовали типичной морфологии и размерам кокковых и палочковидных микроорганизмов (см. рис. 4)

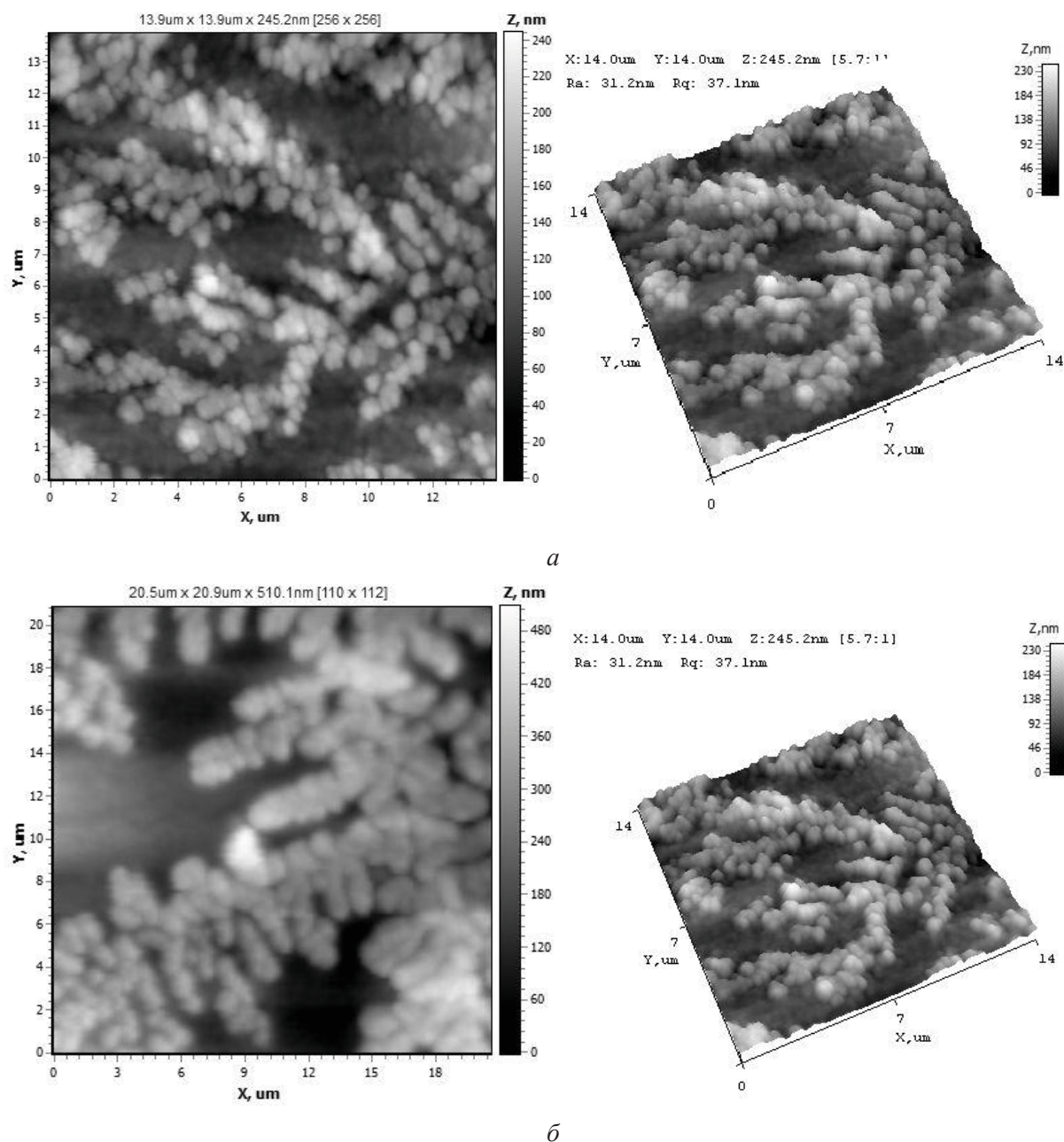


Рис. 4. Атомно-силовая микроскопия (контрольные образцы):
 а – *Staphylococcus aureus* ATCC 6538; б – *Escherichia coli* ATCC 25922
Fig. 4. Atomic force microscopy (control samples):
 а – *Staphylococcus aureus* ATCC 6538; б – *Escherichia coli* ATCC 25922

В микропрепаратах бактериальных культур, обработанных наночастицами окисленного графена, отмечались морфологические изменения как самих бактериальных клеток, так и композиции всей микробной культуры. Характер изменений в целом был одинаков, и их наличие выявлялось спустя 30 мин по-

сле обработки наночастицами окисленного графена. Первоначальные изменения характеризовались нарушением контуров бактериальных клеток по сравнению с контрольными образцами. В частности, была резко снижена выраженность очертаний бактериальных клеток (см. рис. 5).

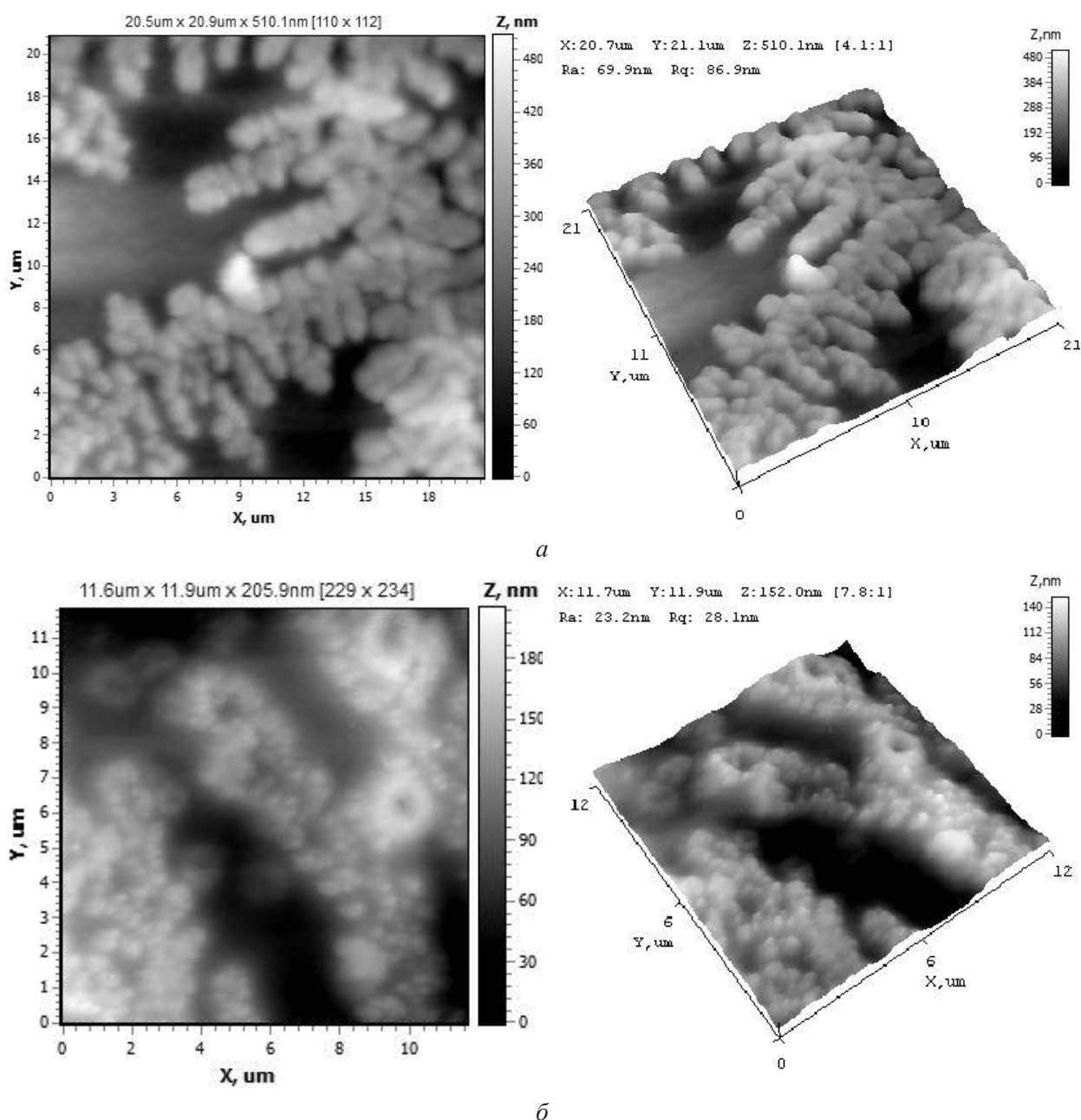


Рис. 5. Морфологические изменения при действии супралетальных концентраций наночастиц окисленного графена в течение 30 мин:

a – *Staphylococcus aureus* ATCC 6538; *б* – *Escherichia coli* ATCC 25922

Fig. 5. Morphological changes under the action of supra-lethal concentrations of oxidized graphene nanoparticles for 30 min:

a – *Staphylococcus aureus* ATCC 6538; *б* – *Escherichia coli* ATCC 25922

Несмотря на сохраняемую различимую изолированность отдельных бактериальных клеток, межклеточное пространство было уменьшено, контуры сканируемых объектов теряли свою пространственную контрастность, были очевидны изменения поверхности клеток (заметна шероховатость), отмечен частичный выход цитоплазмы за пределы бактериальных клеток (см. рис. 6).

При увеличении экспозиции наночастиц окисленного графена до 90 мин морфологическая деструкция отмечена не только на уровне отдельных клеток, но и на всей микробной популяции. В частности, контуры клеток становились практически неразличимыми, практически все межклеточное пространство было заполнено биомассой деструктурированных клеток, высота контуров бактерий резко снижена по сравнению с контролем, контраст между максимальными и минимальными точками сканируемой поверхности был резко снижен (см. рис. 7).

Следует отметить, что морфологическая деградация и последующая деструкция бактерий отмечены только при действии наночастиц окисленного графена в концентрациях $75 \text{ мкг} \cdot \text{мл}^{-1}$ и выше. В данном случае можно утверждать, что цитотоксическая концентрация этого наноматериала для основных типов бактерий лежит в диапазоне около представленного значения, однако более точное ее выяснение не являлось целью настоящего исследования, поскольку она не тождественна понятию бактериостатической или бактерицидной концентрации, так как последние, как правило, определяются культуральными методами исследования.

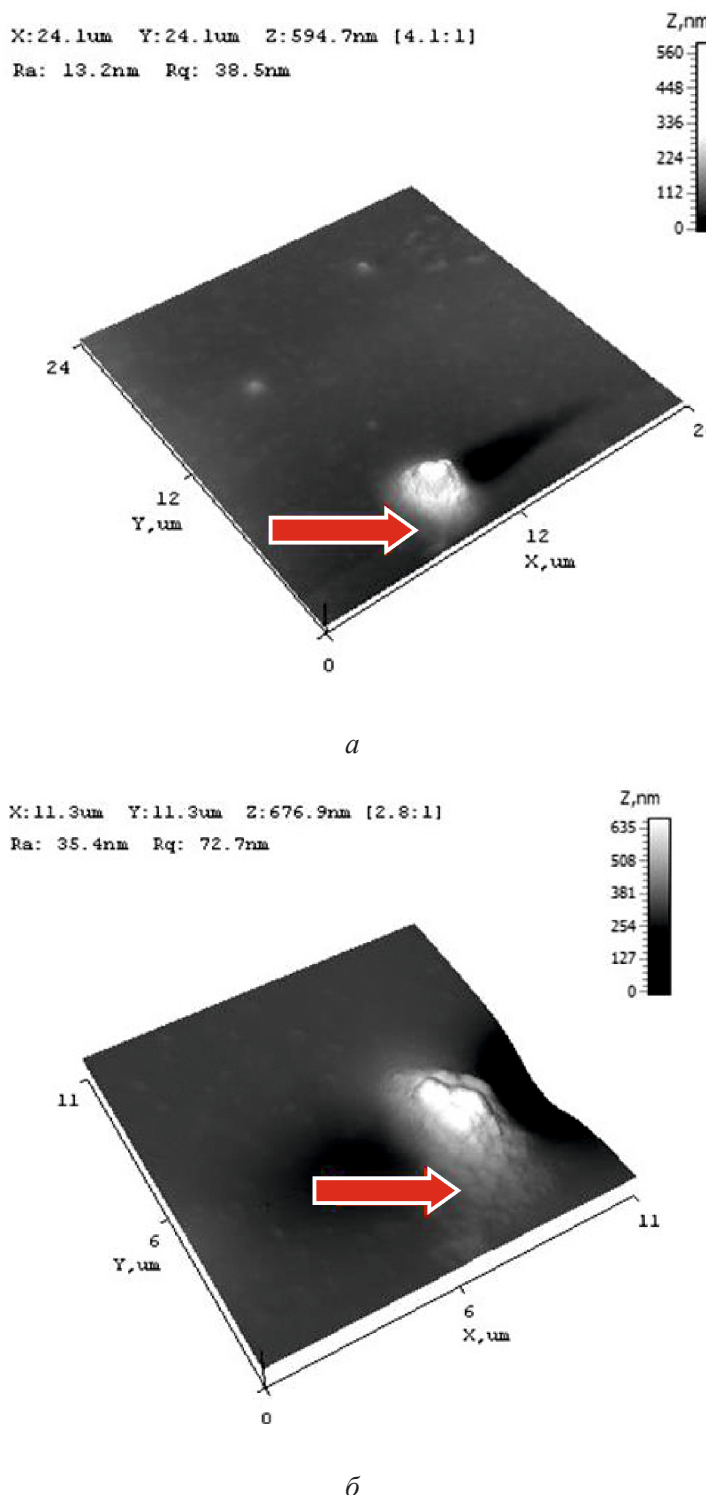


Рис. 6. Деградация морфологии бактериальных клеток при действии супралетальных концентраций наночастиц окисленного графена в течение 30 мин:

a – *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *б* – *Escherichia coli* ATCC 25922), частичный выход цитоплазмы (отмечены стрелкой)

Fig. 6. Degradation of bacterial cell morphology when exposed to supra-lethal concentrations of oxidized graphene nanoparticles for 30 min:

a – *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *б* – *Escherichia coli* ATCC 25922, partial exit of the cytoplasm (marked with an arrow)

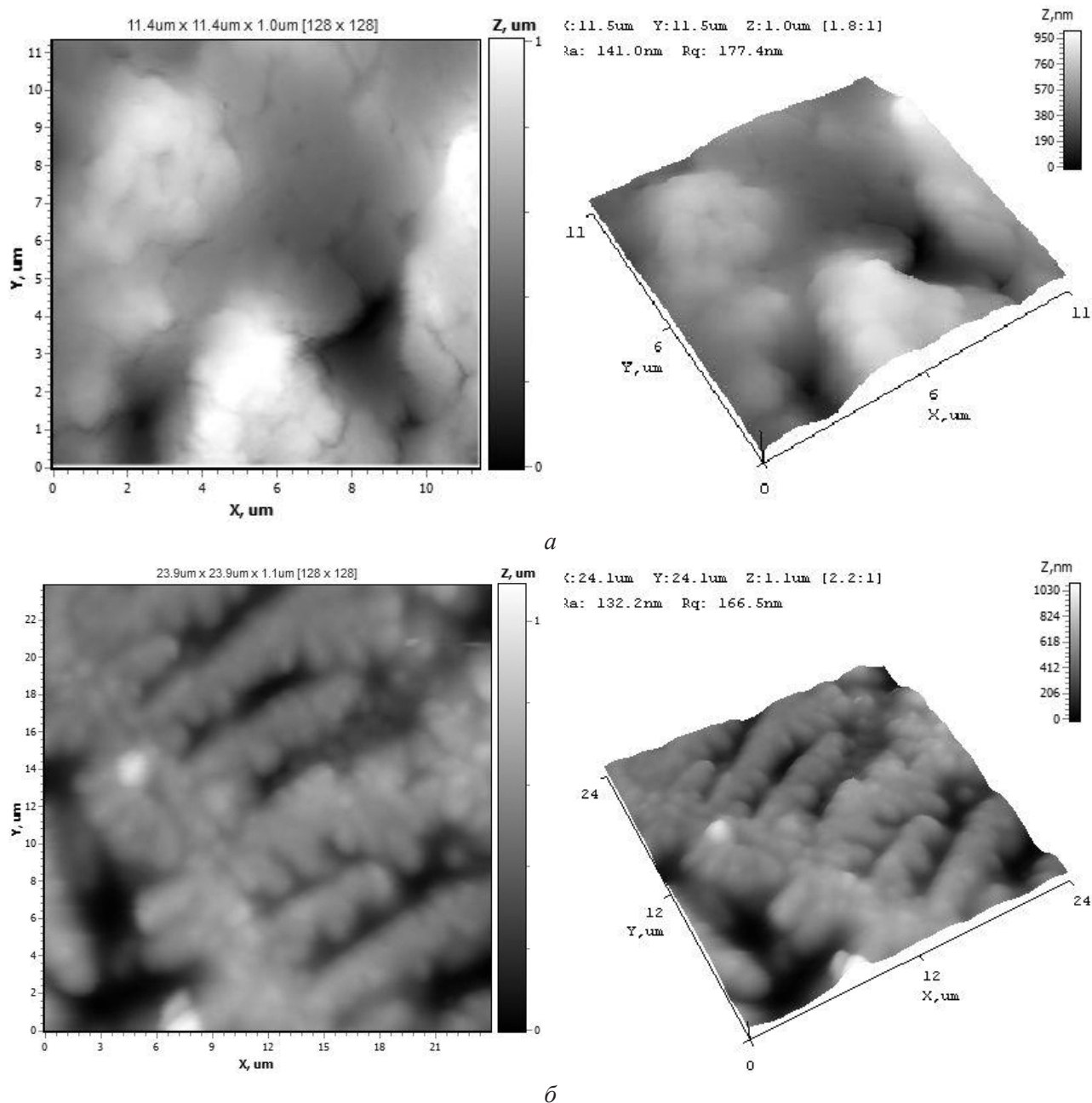


Рис. 7. Морфологическая деградация бактериальных клеток при действии супралетальных концентраций наночастиц окисленного графена в течение 90 мин:

a – *Staphylococcus aureus* ATCC 6538; *б* – *Escherichia coli* ATCC 25922

Fig. 7. Morphological degradation of bacterial cells under the action of supra-lethal concentrations of oxidized graphene nanoparticles for 90 min:

a – *Staphylococcus aureus* ATCC 6538; *б* – *Escherichia coli* ATCC 25922

ВЫВОДЫ

1. Наночастицы окисленного графена имеют антибактериальные свойства, которые проявляются очевидными цитотоксическими эффектами в отношении прокариотических клеток.

2. При действии токсических концентраций наночастиц окисленного графена на

отдельные грамположительные бактерии (*Staphylococcus aureus* ATCC 6538) отмечена тинкториальная трансверсия с изменением их грампринадлежности, что указывает на возможное токсическое действие на структуру или состав бактериальной клеточной стенки.

3. Действие токсических концентраций наночастиц окисленного графена в течение

30 мин на основные типы бактерий (кокки, палочки) сопровождается морфологической деградацией клеток.

4. Увеличение экспозиции токсических концентраций наночастиц окисленного графена до 90 мин приводит к полной морфологической деструкции бактериальных клеток и распаду композиции бактериальной популяции.

5. Цитотоксическая концентрация наночастиц окисленного графена лежит в значении более $75 \text{ мкг} \cdot \text{мл}^{-1}$ по результатам микроскопии образцов тестовых культур, однако бактериоингибирующая концентрация требует дальнейшего определения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Beddoes C.M., Case C. Patrick, Briscoe Wuge H. Understanding nanoparticle cellular entry: A physicochemical perspective // *Advances in Colloid and Interface Science*. 2015. Vol. 218. P. 48–68.
2. Wang, L., Hu C., Shao L. The antimicrobial activity of nanoparticles: present situation and prospects for the future // *International Journal of Nanomedicine*. 2017. Vol. 12. P. 1227–1249.
3. Kaweeteerawat C., Ivask A., Liu R., Zhang H., Chang C.H., Low-Kam C., Fischer H., Ji Z., Pokhrel S., Cohen Y., Telesca D., Zink J., Madler L., Holden P.A., Nel A., Godwin H. Toxicity of metal oxide nanoparticles in *Escherichia coli* correlates with conduction band and hydration energies // *Environmental Science Technology*. 2015. Vol. 49. P. 1105–1112.
4. Li Y., Zhang W., Niu J., Chen Y. Mechanism of photogenerated reactive oxygen species and correlation with the antibacterial properties of engineered metal-oxide nanoparticles // *ACS Nano*. 2012. Vol. 6. P. 5164–5173.
5. Xiu Z., Zhang Q., Puppala H.L., Colvin V.L., Alvarez P. J.J. Negligible particlespecific antibacterial activity of silver nanoparticles // *Nano Letters*. 2012. Vol. 12. P. 4271–4275.
6. Красочко П.А., Корочкин Р.Б., Понаськов М.А. Определение минимальной ингибирующей и бактерицидной концентрации нано- и коллоидных частиц серебра // *Ветеринарный журнал Беларуси*. 2019. № 2 (11). С. 46–50.
7. Красочко П.А., Лещенко В.Г., Мансуров В.А., Красочко И.А., Корочкин Р.Б., Понаськов М.А.

Сравнительная оценка антибактериальной активности антибиотиков и наночастиц диффузионным методом // *Ветеринарный журнал Беларуси*. 2019. № 1 (12). С. 51–56.

8. Корочкин Р.Б., Красочко П.А., Гвоздев С.Н., Понаськов М.А. Сравнительная оценка биопленкоингибирующей активности наночастиц металлов и биоэлементов // *Ветеринарный журнал Беларуси*. 2020. № 2. С. 29–35.
9. Ranishenka B., Ulashchik E., Tatulchenkov M., Sharko O., Dremova N., Panarin A., Shmanai V. Graphene oxide functionalization via epoxide ring opening in bioconjugation compatible conditions // *FlatChem*. 2021. Vol. 27. P. 100235.
10. Valentini F. Functionalized Graphene Derivatives: Antibacterial Properties and Cytotoxicity // *Journal of Nanomaterials*. 2019. Vol. 2019. P. 14.
11. Humann J., Lenz Laurel L. Bacterial Peptidoglycan-Degrading Enzymes and Their Impact on Host Muropeptide Detection // *Journal of Innate Immunity*. 2009. Vol. 1. P. 88–97.

REFERENCES

1. Beddoes C.M., Case C. Patrick, Briscoe Wuge H. Understanding nanoparticle cellular entry: A physicochemical perspective. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2015, vol. 218, pp. 48–68.
2. Wang, L., Hu C., Shao L. The antimicrobial activity of nanoparticles: present situation and prospects for the future. *International Journal of Nanomedicine*, 2017, vol. 12, pp. 1227–1249.
3. Kaweeteerawat C., Ivask A., Liu R., Zhang H., Chang C.H., Low-Kam C., Fischer H., Ji Z., Pokhrel S., Cohen Y., Telesca D., Zink J., Madler L., Holden P.A., Nel A., Godwin H. Toxicity of metal oxide nanoparticles in *Escherichia coli* correlates with conduction band and hydration energies. *Environmental Science Technology*, 2015, vol. 49, pp. 1105–1112.
4. Li Y., Zhang W., Niu J., Chen Y. Mechanism of photogenerated reactive oxygen species and correlation with the antibacterial properties of engineered metal-oxide nanoparticles. *ACS Nano*, 2012, vol. 6, pp. 5164–5173.
5. Xiu Z., Zhang Q., Puppala H.L., Colvin V.L., Alvarez P. J.J. Negligible particlespecific antibacterial activity of silver nanoparticles. *Nano Letters*, 2012, vol. 12, pp. 4271–4275.

6. Krasochko P.A., Korochkin R.B., Ponas'kov M.A. Determination of minimum inhibitory and bactericidal concentration of nano- and colloidal silver particles. *Veterinarnyi zhurnal Belarusi = Veterinary Journal of Belarus*, 2019, no. 2 (11), pp. 46–50. (In Russian).
7. Krasochko P.A., Leshchenko V.G., Mansurov V.A., Krasochko I.A., Korochkin R.B., Ponas'kov M.A. Comparative evaluation of antibacterial activity of antibiotics and nanoparticles by diffusion method. *Veterinarnyi zhurnal Belarusi = Veterinary Journal of Belarus*, 2019, no. 1 (12), pp. 51–56. (In Russian).
8. Korochkin R.B., Krasochko P.A., Gvozdev S.N., Ponas'kov M.A. Comparative assessment of biofilm inhibitory activity of metal nanoparticles and bioelements. *Veterinarnyi zhurnal Belarusi = Veterinary Journal of Belarus*, 2020, no. 2, pp. 29–35. (In Russian).
9. Ranishenka B., Ulashchik E., Tatulchenkov M., Sharko O., Dremova N., Panarin A., Shmanai V. Graphene oxide functionalization via epoxide ring opening in bioconjugation compatible conditions. *FlatChem*, 2021, vol. 27, pp. 100235.
10. Valentini F. Functionalized Graphene Derivatives: Antibacterial Properties and Cytotoxicity. *Journal of Nanomaterials*, 2019, vol. 2019, pp. 14.
11. Humann J., Lenz Laurel L. Bacterial Peptidoglycan-Degrading Enzymes and Their Impact on Host Muropeptide Detection. *Journal of Innate Immunity*, 2009, vol. 1, pp. 88–97.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Красочко П.А.**, доктор ветеринарных наук, доктор биологических наук, профессор, заведующий; **адрес для переписки:** 210026, Республика Беларусь, Витебск, ул. 1-я Доватора, 7/11; e-mail: krasochko@mail.ru

Корочкин Р.Б., кандидат ветеринарных наук, доцент

Понаськов М.А., магистр ветеринарных наук, ассистент

Ронищенко Б.В., магистр химических наук, научный работник

Шманай В.В., кандидат химических наук, заведующий лабораторией

AUTHOR INFORMATION

✉ **Petr A. Krasochko**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Doctor of Science in Biology, Professor, Head of Department; **address:** 7/11, 1st Dovatora St., Vitebsk, 210026, Republic of Belarus; e-mail: krasochko@mail.ru

Rudolf B. Korochkin, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Associate Professor

Mikhail A. Ponaskov, Master of Veterinary Sciences, Assistant

Bahdan V. Ronishenko, Master of Chemistry Sciences, Researcher

Vadim V. Shmanai, Candidate of Science in Chemistry, Head of Laboratory

Дата поступления статьи / Received by the editors 18.01.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 25.03.2022

Дата публикации / Published 25.07.2022



К ЮБИЛЕЮ ВИКТОРА АЛЕКСЕЕВИЧА МАРЧЕНКО



Главному научному сотруднику, заведующему лабораторией ветеринарии Горно-Алтайского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала Федерального Алтайского научного центра агrobiотехнологий, доктору биологических наук, профессору Виктору Алексеевичу Марченко 14 августа 2022 г. исполняется 70 лет и 45 лет научной деятельности.

Виктор Алексеевич родился в г. Называевске Омской области. После окончания в 1974 г. Омского государственного ветеринарного института до 1977 г. работал начальником противозэпизоотического отряда Сладковской райветстанции Тюменской области. В этот период район имел лучшие показатели в РСФСР по оздоровлению сельскохозяйственных животных от хронических инфекций. В.А. Марченко в последующем продолжил трудовую деятельность на различных должностях в учреждениях Сибирского отделения Российской академии наук, Россельхозакадемии, ФАНО и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научной деятельностью Виктор Алексеевич начал заниматься со студенческих лет. Его первая научная статья «Выявление причин гибели животных и изучение видового состава гельминтов овец Ставропольского края» опубликована в 1973 г. С апреля 1977 г. Виктор Алексеевич пришел в науку. Начиная с младшего научного сотрудника Биологического института СО АН СССР. В 1985 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию, в 1998 г. – докторскую, в 2007 г. ему присвоено ученое звание профессора. С октября 1993 г. В.А. Марченко возглавлял совместную лабораторию арахноэнтомозов животных Биологического института СО РАН и Горно-Алтайского научно-исследовательского института сельского хозяйства СО Россельхозакадемии. С 1995 г. работал заведующим отделом ветеринарии Горно-Алтайского научно-исследовательского института сельского хозяйства. В 1997–2003 гг. был директором Горно-Алтайского НИИСХа. С 2003 по 2010 г. работал заведующим лабораторией ветеринарной паразитологии Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СО Россельхозакадемии, в 2010 г. перешел на работу в лабораторию экологии насекомых Института систематики и экологии животных СО РАН, одновременно возглавлял отдел ветеринарии Горно-Алтайского НИИСХа.

С 1999 г. Виктор Алексеевич активно совмещает научную и педагогическую деятельность, он профессор кафедры агротехнологий и ветеринарной медицины Горно-Алтайского государственного университета.

Круг научных интересов В.А. Марченко составляют вопросы экологии паразитических беспозвоночных и отработка методов ограничения их численности. Виктор Алексеевич проводил исследования в различных районах Сибири – Республике Алтай, Алтайском крае, Тыве, Хакасии, в Иркутской, Читинской и Новосибирской областях. За период научной деятельности Виктором Алексеевичем получен ряд новых, интересных как в теоретическом, так и в практическом отношении сведений по биологии и эпизоотологии паразитов сельскохозяйственных и диких животных, разработаны и внедрены в сельскохозяйственное производство новые технологические приемы контроля численности вредителей и системы ограничительных мероприятий. Он руководил исполнением заданий многих региональных и федеральных НТП, проектов РФФИ, договорными НИР с сельхозпредприятиями и научными учреждениями. На основе изучения экологии и эпизоотологии паразитических видов, испытания новых средств и методов терапии животных Виктором Алексеевичем разработаны рациональные отраслевые системы ограничительных мероприятий при ряде инвазионных заболеваний. Разработаны и утверждены соответствующими организациями более 30 методических рекомендаций и пособий по ветеринарной медицине и зоотехнии.

По результатам научной деятельности Виктором Алексеевичем в отечественных и зарубежных изданиях опубликовано более 260 научных работ, в том числе 7 монографий, получено 9 патентов Российской Федерации на изобретения. Материалы его исследований, проведенные самостоятельно, а также совместно с другими специалистами, были использованы в подготовке ряда нормативных документов ГУВ МСХ СССР и Департамента ветеринарии МСХ России. Научно-практические разработки Виктора Алексеевича были экспонированы на региональных сельскохозяйственных выставках, в Госплане СССР, выставках СО РАН и Россельхозакадемии, награждены дипломами СО РАН и СО РАСХН.

В Республике Алтай им организовано опытное производство противопаразитарных кормовых гранул для сельскохозяйственных животных. Виктор Алексеевич является ведущим специалистом страны в области биологии оводов, ведет активную научно-общественную деятельность, участвует в работе всероссийских координационных советов, является членом президиума СО ВЭО при РАН, заместителем председателя секции ветеринарной медицины научно-технического совета Министерства сельского хозяйства Республики Алтай, членом регионального экспертного совета РФФИ. Принимает участие в организации различного ранга конференций и научно-производственных совещаний. Им была организована аспирантура по ветеринарии в Горно-Алтайском государственном университете.

Виктор Алексеевич руководит научной работой студентов, аспирантов и докторантов, подготовил 6 кандидатов наук, принимает участие в оппонировании диссертаций, является членом диссертационных советов.

Научно-исследовательская деятельность Виктора Алексеевича отличается рациональным сочетанием фундаментальных и прикладных исследований, что в значительной мере способствует их успешному приложению в практику сельскохозяйственного производства.

За плодотворный труд Виктор Алексеевич награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, медалью Сибирского отделения Россельхозакадемии им. академика И.И. Синягина, почетной грамотой Российской академии сельскохозяйственных наук, благодарностью Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, почетной грамотой Государственного Собрания – Эл Курултай Республики Алтай, почетными грамотами министерства сельского хозяйства, министерства образования и науки Республики Алтай. Ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Республики Алтай».

Поздравляем Виктора Алексеевича с юбилеем и желаем осуществления всех творческих планов, дальнейших успехов в научно-педагогической деятельности, доброго здоровья и счастья!

Коллектив Горно-Алтайского научно-исследовательского
института сельского хозяйства – филиала
Федерального Алтайского научного центра агробiotехнологий,
коллектив Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока –
научного подразделения Сибирского федерального научного центра агробiotехнологий РАН



**К 100-ЛЕТИЮ АКАДЕМИКА ВАСИЛИЯ РОМАНОВИЧА БОЕВА
(1922–2004 гг.)**



Василий Романович Боев прожил активную, яркую жизнь, которую условно можно разделить на четыре этапа.

Первый этап включает в себя детство и юность, прошедшие в Донецкой области. В годы Великой Отечественной войны Василий Романович воевал в составе 1-го Украинского фронта, принимал участие в освобождении восставшей Праги. Награжден 16 орденами и медалями, среди которых орден Красной Звезды, медаль «За взятие Берлина».

Послевоенный период Василия Романовича охватывает учебу на экономическом факультете Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева, работу в Деминской МТС Волгоградской области с последующим переходом в Министерство сельского хозяйства СССР. Увлечшись научными исследованиями, в 1957 г. Василий Романович защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата экономических наук.

Второй этап жизни В.Р. Боева – руководство отделом цен и себестоимости сельскохозяйственной продукции Всесоюзного научно-исследовательского института экономики сельского хозяйства. В этот период состоялась его успешная защита диссертации на соискание доктора экономических наук, изданы авторские монографии «Закупочные цены и чистый доход колхозов», «Совершенствование закупочных цен на сельскохозяйственную продукцию (вопросы теории и практики)».

Третий этап – с 1971 по 1984 г. – связан с активной организационной и творческой деятельностью в Сибири. Академик В.Р. Боев возглавлял Сибирский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства (СибНИИЭСХ), занимал должности профессора Новосибирского сельскохозяйственного института, первого заместителя председателя президиума Сибирского отделения ВАСХНИЛ. На институт была возложена координация исследований по экономике и организации сельскохозяйственного производства научных учреждений Сибири и Дальнего Востока. Ученые СибНИИЭСХа разрабатывали предложе-

ния и рекомендации по переводу сельского хозяйства Сибири на индустриальную основу, рациональному использованию производственных ресурсов, размещению и специализации сельского хозяйства, экономическому стимулированию сельскохозяйственного производства, созданию продовольственной базы в районах нового промышленного освоения. Под руководством В.Р. Боева ученые активно включились в исследование путей создания собственной продовольственной базы в новых районах промышленного освоения, в том числе Западно-Сибирского нефтегазового комплекса и Байкало-Амурской магистрали.

Институтом впервые в Сибири были проведены широкие научные исследования по вопросам межхозяйственной кооперации и агропромышленной интеграции. На их основе сформулированы принципы и организационные формы межхозяйственного кооперирования в регионе, создан ряд новых межхозяйственных формирований.

Были разработаны основные направления развития сельского хозяйства и создания продовольственной базы в районах нефтегазодобычи Западной Сибири, генеральная схема развития и размещения продовольственной базы в районах промышленного освоения Байкало-Амурской магистрали. На основе этих разработок Министерством сельского хозяйства и Госпланом РСФСР приняты важные решения по их практической реализации.

В эти годы СибНИИЭСХ занимался и вопросами эффективности использования основных фондов и капитальных вложений. Особое внимание уделялось разработке прогрессивных экономических нормативов с целью создания нормативной базы для текущего и перспективного планирования объемов, структуры, а также эффективности капитальных вложений и основных фондов, экономического обоснования распределения капитальных вложений по приоритетным направлениям, научно обоснованного определения потребности в основных производственных фондах на уровне субъекта РФ.

Четвертый этап жизни Василия Романовича связан с возвращением на должность директора Всесоюзного (ныне Всероссийского) научно-исследовательского института экономики сельского хозяйства. Новое время выдвинуло новые задачи перед аграрной наукой. Встал вопрос о совершенствовании ценообразования в условиях перехода сельскохозяйственных организаций на самофинансирование. В целом, осознавая необходимость развития рыночных методов хозяйствования, Василий Романович выступал против скоропалительных решений, дезорганизации производства, за использование принципа дополнителности, предотвращение негативных процессов в сельской жизни, сохранение системы государственной поддержки сельскохозяйственного производства, развитие крупных механизированных хозяйств, регулирование агропродовольственного рынка, достижение самообеспеченности продуктами питания населения страны.

Научное наследие академика Василия Романовича Боева – огромный вклад в аграрную экономику, позволяющий составить объективное представление о происходивших социально-экономических процессах на протяжении полувека нашей истории и одновременно востребованный новыми поколениями ученых при разработке перспективных направлений развития агропромышленного комплекса России и стран ЕАЭС.

Коллектив Сибирского научно-исследовательского института
экономики сельского хозяйства –
научного подразделения Сибирского федерального
научного центра агrobiотехнологий РАН

ВАСИЛИЙ ГЕРАСИМОВИЧ ЛУНИЦЫН



29 марта 2022 г. на 63-м году жизни после тяжелой продолжительной болезни ушел из жизни заслуженный деятель науки Российской Федерации, кавалер ордена Почета, доктор ветеринарных наук, профессор Василий Герасимович Луницын.

Василий Герасимович родился 17 июля 1959 г. в с. Колыванское (Алтайский край, Павловский район). В 1981 г. с отличием окончил ветеринарный факультет Алтайского сельскохозяйственного института и поступил на работу в Центральную научно-исследовательскую лабораторию пантового оленеводства, где прошел путь от младшего научного сотрудника до директора единственного в России научного учреждения СО РАСХН, занимающегося пантовым оленеводством. С 2017 г. работал заместителем директора по научной работе Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий (Алтайский край, Барнаул).

Василий Герасимович был ведущим ученым в области пантового оленеводства в Российской Федерации и стран СНГ. В 1985 г. ему присуждена степень кандидата ветеринарных наук, в 1993 г. – доктора ветеринарных наук, в 2000 г. – ученое звание профессора, в 2006 г. – почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации», в 2010 г. он награжден орденом Почета.

Благодаря многолетней научно-исследовательской работе, которая имела не только фундаментальное значение, но несла и научно-практическую значимость, а также природной трудовой напористости, высокому трудолюбию и целеустремленности В.Г. Луницын опубликовал более 760 научных работ, в том числе 29 монографий и книг, 50 научно-методических разработок и рекомендаций, 23 технических условия, новизна которых подтверждена 99 патентами и авторскими свидетельствами. Он соавтор алтае-саянской породы маралов и двух ее породных типов (шебалинский, теньгинский), алтае-уссурийской породы пятнистых оленей.

Научная работа Василия Герасимовича в области ветеринарии была посвящена изучению новых методов диагностики, профилактики и мерам борьбы с инфекционными (туберкулез, пастереллез, бруцеллез) и инвазионными болезнями пантовых оленей; схемам специфической профилактики заразных болезней маралов и пятнистых оленей; методам фиксации при массовых обработках животных; ветеринарно-санитарным правилам для ферм пантового оленеводства и заготовки, консервированию и переработке продукции пантового оленеводства.

В зоотехнической практике разработана и внедрена современная система племенной работы в пантовом оленеводстве, итогом которой стали регистрация двух пород и двух по-

родных типов, разработки норм кормления маралов в виде типовых рационов, испытание новых кормовых добавок для пантовых оленей, изучение мясной продуктивности и качества мяса представителей семейства оленевых, разработки способов повышения выхода приплода в пантовом оленеводстве.

В области хранения и переработки усовершенствованы существующие и разработаны новые, с применением современного оборудования технологии заготовки, консервирования и глубокой переработки продукции пантового оленеводства, методы оценки ее качества.

Являясь ведущим специалистом по вопросам пантового оленеводства, В.Г. Луницын постоянно оказывал научно-методическую помощь хозяйствам. Результаты его научных работ получили широкое практическое применение, они освоены во многих мараловодческих и оленеводческих хозяйствах Сибири и России. Опубликованные научные работы в настоящее время используются специалистами и учеными России и стран СНГ при производстве и переработке продукции пантового оленеводства, борьбе с заразными болезнями пантовых оленей, а также в учебном процессе сельскохозяйственных вузов.

Под научным руководством Василия Герасимовича подготовлены и защищены 2 докторских и 28 кандидатских диссертаций. В.Г. Луницын – один из организаторов 7-го Международного конгресса по пантовому оленеводству, проходившего на Алтае в 2018 г., был членом редакционной коллегии журнала «Вестник Алтайского ГАУ», а также членом двух диссертационных советов Алтайского государственного аграрного университета по защите докторских и кандидатских диссертаций.

Работы В.Г. Луницына удостоены 33 дипломов президиума СО РАСХН и РАСХН. За добросовестный труд он неоднократно награжден почетными грамотами СО РАСХН, Министерства образования и науки, администрациями Алтайского края и Республики Алтай, являлся лауреатом премии Алтайского края в области науки и техники (2013, 2019 гг.), профессором года в номинации сельскохозяйственные (2010 г.) и естественные науки (2014 г.).

Жизненный путь, пройденный Василием Герасимовичем – яркий пример беззаветного служения избранному делу. Он ценил в людях профессионализм, честность и порядочность.

Скорбим в связи с кончиной Василия Герасимовича Луницына и выражаем глубокие соболезнования родным и близким.

Коллективы СФНЦА РАН и ФГБНУ ФАНЦА,
академики РАН *А.С. Донченко, В.А. Солошенко,*
В.В. Альт, Н.И. Кашеваров,
члены-корреспонденты РАН *К.Я. Мотовилов, Н.А. Донченко,*
доктора ветеринарных наук *Н.А. Шкиль, Ю.И. Смолянинов*

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Правила для авторов составлены на основе этических принципов, общих для членов научного сообщества, и правил публикации в международных и отечественных научных периодических изданиях, а также в соответствии с требованиями ВАК для периодических изданий, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям:

- общее земледелие и растениеводство;
- селекция, семеноводство и биотехнология растений;
- агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений;
- кормопроизводство;
- инфекционные болезни и иммунология животных;
- частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства;
- разведение, селекция, генетика и биотехнология животных;
- технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса;
- пищевые системы.

Статья, направляемая в редакцию, должна соответствовать тематическим разделам журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»:

Наименование рубрики	Шифр и наименование научной специальности в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени
Земледелие и химизация	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Растениеводство и селекция	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений
Защита растений	4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Кормопроизводство	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Зоотехния и ветеринария	4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных
Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение	4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса
Переработка сельскохозяйственной продукции	4.3.3. Пищевые системы
Проблемы. Суждения	4.1.1. Общее земледелие и растениеводство
Научные связи	4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений
Из истории	4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
сельскохозяйственной науки	4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных
Краткие сообщения	4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства
Из диссертационных работ	4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса 4.3.3. Пищевые системы

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обозрения, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

К рассмотрению принимаются материалы от различных категорий исследователей, аспирантов, докторантов, специалистов и экспертов в соответствующих областях знаний.

Все статьи рецензируются и имеют зарегистрированный в системе CrossRef индекс DOI.

Публикации для авторов **бесплатны**.

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуем руководствоваться следующими правилами.

РЕКОМЕНДАЦИИ АВТОРУ ДО ПОДАЧИ СТАТЬИ

Представление статьи в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» подразумевает, что:

- статья ранее не была опубликована в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение необходимо убедиться, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и в таблицах, все ссылки оформлены корректно.

ПОРЯДОК НАПРАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

1. Отправка статьи осуществляется через электронную редакцию на сайте журнала <https://sibvest.elpub.ru/jour/index>. После предварительной регистрации автора, в правом верхнем углу страницы выбрать опцию «Отправить рукопись». Затем загрузить рукопись статьи (в формате *.doc или *.docx) и сопроводительные документы к ней. После завершения загрузки материалов обязательно выбрать опцию «Отправить письмо», в этом случае редакция автоматически будет уведомлена о получении новой рукописи.

Сопроводительные документы к рукописи статьи:

- скан-копия письма от организации с подтверждением авторства и разрешением на публикацию (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>);
- скан-копия авторской справки по представленной форме (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>), в которой должно быть выражено согласие на открытое опубликование статьи в печатном варианте журнала и его электронной копии в сети Интернет;
- скан-копия рукописи с подписями авторов. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН;
- анкеты авторов на русском и английском языках (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>);
- скан-копия справки из аспирантуры (для очных аспирантов).

2. Все поступающие в редакцию рукописи статей регистрируются через систему электронной редакции. В личном кабинете автора отражается текущий статус рукописи.

3. Нерецензируемые материалы (материалы научной хроники, рецензии, книжные обозрения, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых) направляются на e-mail: sibvestnik@sfscs.ru и регистрируются ответственным секретарем.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Текст рукописи оформляется шрифтом Times New Roman, кеглем 14 с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу. Объем статьи не более 15 страниц (включая таблицы, иллюстрации и библиографию); статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 7 страниц.

Структура оформления статьи:

1. **УДК**

2. **Заголовок статьи на русском и английском языках (не более 70 знаков).**

3. **Фамилии и инициалы авторов, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования на русском и английском языках.**

Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса.

4. **Реферат на русском и английском языках.** Объем реферата не менее 200–250 слов. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до области (края), не упоминать конкретные организации.

5. **Ключевые слова на русском и английском языках.** 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли реферат и название статьи.

6. **Информация о конфликте интересов либо его отсутствии.** Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом.

Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

7. **Благодарности на русском и английском языках.** В этом разделе указываются все источники финансирования исследования, а также благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами.

8. **Основной текст статьи.** При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

ВВЕДЕНИЕ (постановка проблемы, цели, задачи исследования)

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ или **ВЫВОДЫ**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. Количество источников не менее 15. В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии. Самоцитирование не более 10% от общего количества. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке упоминания в тексте, желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Правила оформления списка литературы – в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008 (требования и правила составления библиографической ссылки). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств.

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, рекомендации, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в *сноску* в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично сквозной нумерацией.

Внимание! Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ, REFERENCES И СНОСКИ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

Монография

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

Часть книги

Холмов В.Г. Минимальная обработка кулисного пара под яровую пшеницу при интенсификации земледелия в южной лесостепи Западной Сибири // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 230–235.

Периодическое издание

Пакуль А.Л., Лапишинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 27–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

REFERENCES:

Составляется в том же порядке, что и русскоязычный вариант, по следующим правилам:

Фамилии И.О. авторов в устоявшемся способе транслитерации, англоязычное название статьи, *транслитерация названия русскоязычного источника (например через сайт: <https://antrophob.ru/translit-bis>)* = англоязычное название источника. Далее оформление для монографии: город, англоязычное название издательства, год, количество страниц; для журнала: год, номер, страницы). (In Russian).

Пример: Avtor A.A., Avtor B.B., Avtor C.C. Title of article.

Транслитерация авторов. Англоязычное название статьи

Zaglavie jurnala = Title of Journal, 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

Транслитерация источника = Англоязычное название источника

Монография

Klimova E.V. Field crops of Zabaikalya. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).

Часть книги

Kholmov V.G. Minimum tillage of coulisse-strip fallow for spring wheat with intensification of arable agriculture in southern forest-steppe of Western Siberia. *Resource-saving tillage systems*, Moscow, Agropromizdat Publ., 1990, pp. 230–235. (In Russian).

Периодическое издание

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Technological grain qualities of spring common wheat depending on the system of soil tillage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 27–35. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

СНОСКИ:

Цитируемый текст¹.

¹Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: материалы науч.-практ. конф. (Чита, 16–17 октября 2008 г.). Чита, 2009. С. 36–39.

Цифровой идентификатор Digital Object Identifier – DOI (когда он есть у цитируемого материала) необходимо указывать в конце библиографической ссылки.

Пример:

Chu T., Starek M.J., Brewer M.J., Murray S.C., Pruter L.S. Assessing lodging severity over an experimental maize (*Zea mays* L.) field using UAS images // Remote Sensing. 2017. Vol. 9. P. 923. DOI: 10.3390/rs9090923.

Наличие DOI статьи следует проверять на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>. Для этого нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке.

РИСУНКИ, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ И ФОТОГРАФИИ

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Все рисунки должны иметь подрисуночные подписи. Подрисуночную подпись необходимо перевести на английский язык. Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется. Отсылки на рисунки оформляются следующим образом: «На рис. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. рис. 3)». Подрисуночная

подпись включает порядковый номер рисунка и его название. «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод подрисуночной подписи следует располагать после подрисуночной подписи на русском языке.

Таблицы должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Предпочтительны таблицы, пригодные для редактирования, а не отсканированные или в виде рисунков. Все таблицы должны иметь заголовки. Название таблицы должно быть переведено на английский язык. Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется. Отсылки на таблицы оформляются следующим образом: «В табл. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. табл. 3)». Заголовок таблицы включает порядковый номер таблицы и ее название: «Табл. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод заголовка таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

Фотографии, скриншоты и другие нерисованные иллюстрации необходимо загружать отдельно в виде файлов формата *.jpeg (*.doc и *.docx – в случае, если на изображение нанесены дополнительные пометки). Разрешение изображения должно быть >300 dpi. Файлам изображений необходимо присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте. В описании файла следует отдельно привести подрисуночную подпись, которая должна соответствовать названию фотографии, помещаемой в текст.

Следует обратить внимание на написание формул в статье. Во избежание путаницы необходимо греческие (α , β , π и др.), русские (А, а, Б, б и др.) буквы и цифры писать прямым шрифтом, латинские – курсивным (*W*, *Z*, *m*, *n* и др.). Математические знаки и символы нужно писать также прямым шрифтом. Необходимо четко указывать верхние и нижние надстрочные символы (W^1 , F_1 и др.).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ

Редакция просит авторов при подготовке статей руководствоваться изложенными выше правилами.

Все поступающие в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» статьи проходят предварительную проверку на соответствие формальным требованиям. На этом этапе редакция оставляет за собой право:

- принять статью к рассмотрению;
 - вернуть статью автору (авторам) на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные;
 - вернуть статью автору (авторам) без рассмотрения, оформленную не по требованиям журнала;
 - отклонить статью из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, малой научной ценности.
- Переписка с авторами рукописи ведется через контактное лицо, указанное в рукописи.

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», проходят обязательное двухстороннее «слепое» рецензирование (double-blind – автор и рецензент не знают друг о друге). Рукописи направляются по профилю научного исследования на рецензию членам редакционной коллегии.

В спорных случаях редактор может привлечь к процессу рецензирования нескольких специалистов, а также главного редактора. При положительном заключении рецензента статья передается редактору для подготовки к печати.

При принятии решения о доработке статьи замечания и комментарии рецензента передаются автору. Автору дается 2 месяца на устранения замечаний. Если в течение этого срока автор не уведомил редакцию о планируемых действиях, статья снимается с очереди публикации.

При принятии решения об отказе в публикации статьи автору отправляется соответствующее решение редакции.

Ответственному (контактному) автору принятой к публикации статьи направляется финальная версия верстки, которую он обязан проверить.

ПОРЯДОК ПЕРЕСМОТРА РЕШЕНИЙ РЕДАКТОРА/РЕЦЕНЗЕНТА

Если автор не согласен с заключением рецензента и/или редактора или отдельными замечаниями, он может оспорить принятое решение. Для этого автору необходимо:

- исправить рукопись статьи согласно обоснованным комментариям рецензентов и редакторов;
- ясно изложить свою позицию по рассматриваемому вопросу.

Редакторы содействуют повторной подаче рукописей, которые потенциально могли бы быть приняты, однако были отклонены из-за необходимости внесения существенных изменений или сбора дополнительных данных, и готовы подробно объяснить, что требуется исправить в рукописи для того, чтобы она была принята к публикации.

ДЕЙСТВИЯ РЕДАКЦИИ В СЛУЧАЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА, ФАБРИКАЦИИ ИЛИ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ДАННЫХ

Редакция научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» в своей работе руководствуется традиционными этическими принципами научной периодики и сводом принципов «Кодекса этики научных публикаций», разработанным и утвержденным Комитетом по этике научных публикаций, требуя соблюдения этих правил от всех участников издательского процесса.

ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБОК И ОТЗЫВ СТАТЬИ

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, влияющих на ее восприятие, но не искажающих изложенные результаты исследования, они могут быть исправлены путем замены pdf-файла статьи. В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, искажающих результаты исследования, либо в случае плагиата, обнаружения недобросовестного поведения автора (авторов), связанного с фальсификацией и/или фабрикацией данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отзывная статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине отзыва статьи. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

Подписку на журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
(как на годовой комплект, так и на отдельные номера)
можно оформить одним из следующих способов:

- на сайте Почта России. Зайти в раздел «Онлайн-сервисы», затем – «Подписаться на газету или журнал». Подписной индекс издания ПМ401;
- в агентстве подписки ГК «Урал-Пресс» по индексу 46808. Ссылка на издание http://ural-press.ru/catalog/97210/8656935/?sphrase_id=319094. В разделе контакты зайти по ссылке <http://ural-press.ru/contact/>, где можно выбрать филиал по месту жительства;
- в редакции журнала (телефон 7-383-348-37-62; e-mail: sibvestnik@sfisca.ru).

Полнотекстовая версия журнала
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
размещена на сайте Научной электронной библиотеки:
<http://www.elibrary.ru>.

THE SCIENTIFIC JOURNAL
SIBERIAN HERALD
OF AGRICULTURAL SCIENCE
SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI

FOUNDERS: SIBERIAN FEDERAL SCIENTIFIC CENTRE OF AGRO-BIOTECHNOLOGIES
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ESTABLISHED IN 1971

6 ISSUES PER YEAR

Volume 52, No 3 (286)

DOI: 10.26898



2022
May – June

Editor-in-Chief is Alexander S. Donchenko Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Deputy Chief Editor Tatyana A. Lombanina, Head of the Editorial and Publishing Department of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Editorial board:

Vladimir V. Azarenko	Dr. Sci. in Engineering, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Minsk, Belarus	
Victor V. Alt	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia	
Olga S. Afanasenko	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Saint-Petersburg, Russia	
B. Byambaa	Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Acad. Of Mongolian Acad. Sci., Ulaanbaatar, Mongolia	
Anatoly N. Vlasenko	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia	
Natalia G. Vlasenko	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia	
Kirill S. Golokhvast	Cor. Mem. of Russ. Acad. Edu., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia	
Olga V. Golub	Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia	
Nikolay P. Goncharov	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia	
Mikhail I. Gulyukin	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Moscow, Russia	
Valery N. Delyagin	Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia	
Seyed Ali Johari	Associate Professor, PhD, Sanandaj, Iran	
Irina M. Donnik	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia	
Nikolay A. Donchenko	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Novosibirsk, Russia	
Nikolay M. Ivanov	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia	
Andrey Yu. Izmailov	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Moscow, Russia	
Nikolay I. Kashevarov	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia	
Valery I. Kiryushin	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia	
Sergey N. Mager	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia	
Konstantin Ya. Motovilov	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia	
Oleg K. Motovilov	Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia	
Askar M. Nametov	Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Uralsk, Kazakhstan	
Vasil S. Nikolov	Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Sofia, Bulgaria	
Sergey P. Ozornin	Dr. Sci. in Engineering, Chita, Russia	
Valery L. Petukhov	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia	
Revmira I. Polyudina	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia	
Marina I. Selionova	Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia	
Vladimir A. Soloshenko	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia	
Nikolay A. Surin	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Krasnoyarsk, Russia	
Ivan F. Khramtsov	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Omsk, Russia	
Sezai Ercisli	Professor, PhD, Erzurum, Turkey	
Seung H. Yang	Professor, PhD, Gwangju, Korea	

Editors *E.V. Mosunova, G.N. Yagupova*. Corrector *V.E. Selianina*. Desktop Publisher *N.U. Borisko*. Translator *M.Sh. Gacenko*
Certificate PI FS77-64832 issued by the Federal Service for Supervision of Media,
Communications and Information Technologies on February 2, 2016

Publisher: Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Address: PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoobsk, Novosibirsk District,
Novosibirsk Region, 630501, Russia. Tel/fax: +7-383-348-37-62
e-mail: sibvestnik@sfsca.ru, vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru



www.sibvest.elpub.ru