

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, № 5 (288)

DOI: 10.26898



2022

сентябрь – октябрь

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, Уралск, 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. Храпцов	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@sfscs.ru, vestnik.nsk@ngs.ru; <https://sibvest.elpub.ru/jour>

Вышел в свет 25.11.2022. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 19,0.

Уч-изд. л. 18,50. 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*

Власенко Н.Г., Бурлакова С.В., Егорычева М.Т. Эффективность обработки семян яровой пшеницы Триходермином и Споробактерином

5 Vlasenko N.G., Burlakova S.V., Egorycheva M.T. Efficiency of spring wheat seeds treatment with Trichodermin and Sporobacterin

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

Исачкова О.А., Логинова А.О., Коркина В.И. Содержание аминокислот в зерне голозерного овса при различных условиях возделывания

15 Isachkova O.A., Loginova A.O., Korkina V.I. Amino acid content in the grain of naked oats under various cultivation conditions

Марченко Л.А. Признаки качества плодов земляники садовой и селекция на их улучшение

24 Marchenko L.A. Quality attributes of garden strawberry fruits and breeding for their improvement

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

Мороховец Т.В., Мороховец В.Н., Маркова Е.С., Басай З.В., Вострикова С.С., Скорик Н.С. Фазовая чувствительность некоторых видов широколистных сорных растений к гербициду Флекс

32 Morokhovets T.V., Morokhovets V.N., Markova E.S., Basai Z.V., Vostrikova S.S., Skorik N.S. Phase sensitivity of some broad-leaved weed species to the herbicide Flex

Баскаков И.В., Оробинский В.И., Василенко В.В., Гиевский А.М. Озонная дезинсекция зерна от амбарного долгоносика и булавоусого хрущака

42 Baskakov I.V., Orobinsky V.I., Vasilenko V.V., Gievsky A.M. Ozone disinfection of grain from granary weevil and confused flour beetle

- Сурначева В.В., Казанцев М.П., Коробейников А.С., Ашмарина Л.Ф.** 49 **Surnacheva V.V., Kazancev M.P., Korobejnikov A.S., Ashmarina L.F.** Effect of temperature and humidity on the composition of wheat phytopathogens during grain storage
- Влияние температуры и влажности на состав фитопатогенов пшеницы при хранении зерна

*ЗООТЕХНИЯ
И ВЕТЕРИНАРИЯ*

*ZOOTECHNICS
AND VETERINARY MEDICINE*

- Позовникова М.В., Лейбова В.Б.** 56 **Pozovnikova M.V., Leibova V.B.** Exterior profile of Saanen goats with different genotypes of the *SPAG17* gene
- Экстерьерный профиль зааненских козлов с различными генотипами гена *SPAG17*

- Забелина М.В., Ледяев Т.Б., Корнилова В.А., Ловцова Л.Г., Преображенская Т.С.** 64 **Zabelina M.V., Ledyayev T.B., Kornilova V.A., Lovtsova L.G., Preobrazhenskaya T.S.** Evaluation of milk productivity and milk quality of goats of different genotypes depending on the number of lactations
- Оценка молочной продуктивности и качества молока коз разных генотипов в зависимости от числа лактаций

- Третьяков А.М.** 72 **Tretyakov A.M.** Parasite cenoses of the wild pig (*Sus scrofa*) on the Trans-Baikal Territory
- Паразитоценозы дикой свиньи (*Sus scrofa*) на территории Забайкальского края

- Лопсан Ч.О.** 79 **Lopsan Ch.O.** Dynamics and peculiarities of anthrax occurrence on the territory of the Republic of Tyva
- Динамика и особенности проявления сибирской язвы на территории Республики Тыва

- Ефремова Е.А., Марченко В.А., Смертина М.А.** 89 **Efremova E.A., Marchenko V.A., Smertina M.A.** Distribution of helminths of the gastrointestinal tract of horses in Central Altai
- Распространение гельминтов желудочно-кишечного тракта лошадей в Центральном Алтае

- Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л.** 98 **Savelyeva L.N., Bondarchuk M.L.** The effect of phytobiotic preparations on morphochemical blood parameters of calves with dyspepsia
- Влияние фитобиотических препаратов на морфохимические показатели крови телят при диспепсии

МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

MECHANISATION, AUTOMATION,
MODELLING AND DATAWARE

- Алейников А.Ф.** Методы неинвазивной оценки полового диморфизма эмбрионов в яйце птицы **105** **Aleynikov A.F.** Methods for noninvasive assessment of sexual dimorphism of embryos in the poultry egg
- Чысыма Р.Б., Самбыла Ч.Н.** Проблемы и перспективы цифровизации сельского хозяйства в Республике Тыва **117** **Chysyma R.B., Sambyla Ch.N.** Problems and prospects of digitalization of agriculture in the Republic of Tyva

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

BRIEF REPORTS

- Федина Л.А., Маркова Т.О., Маслов М.В.** Новые местонахождения декоративной орхидеи *Spiranthes sinensis* (Orchidaceae) в Приморском крае **124** **Fedina L.A., Markova T.O., Maslov M.V.** New locations of the decorative orchid *Spiranthes sinensis* (Orchidaceae) in the Primorsky Territory

ИЗ ДИССЕРТАЦИОННЫХ РАБОТ

FROM DISSERTATIONS

- Павлов А.Г.** Амилолитическая активность изолятов бактерий *Bacillus subtilis*, выделенных из микробиоты диких животных **130** **Pavlov A.G.** Amylolytic activity of *Bacillus subtilis* isolates obtained from wildlife microbiota

НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

SCIENTIFIC RELATIONS

- Ержебаева Р.С., Бабисекова Д.И., Дидоренко С.В.** Использование ДНК-маркеров в селекции сои для отбора фотопериодически нейтральных линий **136** **Yerzhebayeva R.S., Babissekova D.I., Didorenko S.V.** The use of DNA markers in soybean breeding to select photoperiod-neutral lines



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ТРИХОДЕРМИНОМ И СПОРОБАКТЕРИНОМ

✉ Власенко Н.Г., Бурлакова С.В., Егорычева М.Т.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская обл., р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: nvlasenko@sfscs.ru

Представлены результаты исследования по определению эффективности предпосевной обработки семян среднераннего сорта Новосибирская 31 биопрепаратами. Научный опыт проведен в условиях лесостепи Приобья в 2019–2021 гг. Изучено влияние биопрепаратов на развитие грибных заболеваний пшеницы и основные параметры посева: густоту стояния растений, их высоту и биомассу, площадь флагового листа, структуру колоса и урожайность зерна. При нарастании развития корневой гнили в течение вегетации от 1,3 до 3,4% к фазе кущения и до 10,0% к концу вегетации эффективность обработки семян биопрепаратами Триходермин, Споробактерин и протравителем Скарлет составила 32, 53 и 56% в начале вегетации и 21, 27 и 36% – в фазе молочно-восковой спелости зерна. Препараты Триходермин, Споробактерин проявляли среднюю эффективность в отношении септориоза – 40 и 34%, против мучнистой росы – 29 и 24%, протравитель Скарлет подавлял листовые инфекции на 51 и 43% при их развитии в контроле 9,3 и 9,0%. Длина ростков пшеницы в фазе 2-го листа в вариантах применения Триходермина, Споробактерина, Скарлет была больше, чем в контроле, на 7,6; 11,1 и 4,6%. Наибольший ростостимулирующий эффект наблюдали при обработке семян Споробактерином. В фазе молочно-восковой спелости зерна густота стояния растений пшеницы увеличилась в сравнении с контролем на 8,3; 21,7 и 15,2% соответственно, продуктивный стеблестой был выше при применении биопрепаратов на 15,2%, протравителя Скарлет – на 17,4%. Сбор зерна увеличился относительно контроля (2,31 т/га) в вариантах Триходермин и Споробактерин на 0,30 и 0,37 т/га, Скарлет – на 0,22 т/га. В результате обработки семян препаратом Скарлет получено зерно с содержанием белка 13,25%, при применении биофунгицидов Триходермин, Споробактерин оно повышалось на 0,14 и 0,28% относительно контроля (13,3%). В результате проведенных исследований показано, что биопрепараты Триходермин и Споробактерин при относительно невысоком развитии болезней способны сдерживать их развитие, немного уступая химическому препарату. Обладая ростостимулирующими свойствами, они могут обеспечить урожайность зерна даже выше, чем при применении протравителя.

Ключевые слова: яровая пшеница, биопрепараты, обработка семян, болезни, ростовые эффекты, урожайность

EFFICIENCY OF SPRING WHEAT SEEDS TREATMENT WITH TRICHODERMIN AND SPOROBACTERIN

✉ Vlasenko N.G., Burlakova S.V., Egorycheva M.T.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: nvlasenko@sfscs.ru

The results of the study to determine the effectiveness of pre-sowing treatment of seeds of medium-early variety Novosibirskaya 31 with biopreparations are presented. The scientific experiment was conducted in the forest-steppe conditions of the Priob'ye region in 2019–2021. The

effect of biological preparations on the development of fungal diseases of wheat and on the main parameters of sowing: the density of plants, their height and biomass, flag leaf area, ear structure and grain yield were studied. With the increase of root rot during the growing season from 1,3 to 3,4% to the phase of bushing and up to 10,0% by the end of the growing season the efficiency of seed treatment with Trichodermin, Sporobacterin and Scarlet bio-detergent was 32, 53 and 56% at the beginning of the growing season and 21, 27 and 36% - in the phase of milk-wax ripeness of grain. Trichodermin and Sporobacterin preparations were moderately effective against septoriossis (40 and 34%), against powdery mildew (29 and 24%), and the disinfectant Scarlet suppressed leaf infections by 51 and 43% against 9.3% and 9.0% of the control. The length of the wheat sprouts in the phase of the 2nd leaf in the variants of Trichodermin, Sporobacterin, Scarlet was greater than the control by 7.6; 11.1 and 4.6%. The greatest growth-stimulating effect was observed when the seeds were treated with Sporobacterin. In the phase of milk-wax ripeness the density of the wheat plants increased compared to the control by 8,3, 21,7 and 15,2% respectively, the productive stem structure was higher when using biopreparations by 15,2%, Scarlet dressing - by 17,4%. The grain harvest increased relative to the control (2.31 t/ha) in Trichodermin and Sporobacterin variants by 0.30 and 0.37 t/ha, Scarlet - by 0.22 t/ha. As a result of seed treatment with Scarlet the grain was obtained with protein content of 13,25%, while application of biofungicides Trichodermin, Sporobacterin increased it by 0,14 and 0,28% relative to the control (13,3%). As a result of the studies, it has been shown that the biopreparations Trichodermin and Sporobacterin are able to contain the development of diseases at a relatively low level, slightly inferior to the chemical preparation. With their growth-stimulating properties, they can provide grain yields even higher than when using a dressing.

Keywords: spring wheat, biological preparations, seed treatment, diseases, growth effects, yield

Для цитирования: Власенко Н.Г., Буракова С.В., Егорычева М.Т. Эффективность обработки семян яровой пшеницы Триходермином и Споробактерином // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 5–14. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-1>

For citation: Vlasenko N.G., Burlakova S.V., Egorycheva M.T. Efficiency of spring wheat seeds treatment with Trichodermin and Sporobacterin. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 5–14. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Ориентация растениеводства на ресурсо-энергосбережение и экологическую безопасность предполагает снижение пестицидной нагрузки в агроценозах [1]. Основная задача современного земледелия – получение высокой урожайности культур с помощью биотехнологий, создающих условия для сохранения экологически чистых плодородных почв. С целью сохранения и воспроизводства почвенного плодородия разрабатывают биологизированные агротехнологии с последовательной заменой энергоемких агрохимикатов и пестицидов биопрепаратами нового поколения [2, 3]. Основное достоинство биологических препаратов – экологичность, безопасность для человека и окружающей среды. У биологических препаратов

расширен период применения, их можно использовать практически в любой стадии развития растений, так как у них малый срок ожидания после обработки [4]. Экологически безопасные биопрепараты при грамотном использовании (системные обработки, своевременное применение и др.) не только обеспечивают высокий урожай, но и повышают его качество. Интерес к биологическим препаратам возрастает еще и из-за того, что многие из них обладают антистрессовым эффектом, повышая устойчивость растений к абиотическим факторам внешней среды [5, 6]. Несмотря на существенные плюсы биологического метода борьбы с болезнями, его широкое и эффективное применение при возделывании сельскохозяйственных культур ограничивается рядом факторов. Основу большинства биопрепара-

тов составляют живые организмы, поэтому для получения нужного эффекта необходимо учитывать срок годности биопрепаратов, строго соблюдать инструкции по их хранению, использовать биопестициды только по результатам фитосанитарного мониторинга, учитывать, что при неблагоприятных погодных условиях (засуха, холодная дождливая погода) эффективность биопрепаратов снижается на 20–50% [7].

Предпосевная обработка семян зерновых культур признана одним из эффективных способов повышения урожайности зерна. Также она способствует обеззараживанию семян от грибковых и бактериальных заболеваний, обеспечивает повышение иммунитета и энергию прорастания растений [8]. В настоящее время для защиты зерновых культур от болезней наиболее широко используют препараты на основе грибов родов *Trichoderma*, *Streptomyces*, различных видов и штаммов бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas* и др. [9]. К сожалению, биологические препараты часто имеют низкое качество и невысокую эффективность в силу быстрой потери активности биоагентов в природной обстановке из-за отрицательного действия факторов внешней среды или изменения свойств микроорганизмов. В случае применения биопрепаратов отмечен ускоренный рост корневой системы, образование вторичных корней, повышение всхожести, энергии прорастания и кустистости. Некоторые из них усиливают засухоустойчивость и жаростойкость растений, активизируют деятельность полезного микробного сообщества ризосферы. Они индуцируют естественную устойчивость растений к заболеваниям, что обеспечивает рост урожайности зерна [10].

Цель исследования – дать оценку защитного и ростостимулирующего действия обработки семян яровой пшеницы биопрепаратами на основе *Trichoderma viride* и *Bacillus subtilis* при выращивании культуры в лесостепи Приобья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2019–2021 гг. на опытном поле отдела защиты растений Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН) в условиях северной лесостепи Приобья. Ростостимулирующее и защитное действие предпосевной обработки семян изучали на посевах пшеницы среднераннего сорта Новосибирская 31. Для обработки семян использовали биопрепараты Триходермин, П (*Trichoderma viride*, титр более 6 млрд спор/г, 80 г/т) и Споробактерин, СП (*Bacillus subtilis* + *Trichoderma viride*, штамм 4097, 0,5 кг/т). В качестве эталона применяли протравитель Скарлет, МЭ (имазалил (100 г/л) + тебуконазол (60 г/л), 0,3 л/т). Обработку семян препаратами проводили с увлажнением, норма расхода рабочего раствора 10 л/т семян. В однофакторном полевом эксперименте яровую пшеницу размещали по паровому предшественнику, площадь делянки 44,1 м² (2,1 × 21), расположение последовательное в один ярус, повторность четырехкратная, норма высева семян 6 млн всхожих зерен/га. Посев осуществляли сеялкой СЗС-2,1 с анкерными сошниками, вносили аммиачную селитру из расчета N₆₀ на 1 га. Фоновое опрыскивание против злаковых и двудольных сорняков проводили в фазе кущения пшеницы баковой смесью гербицидов Аксилал, КЭ (1 л/га) + Примадонна, СЭ (0,4 л/га) + Гекстар, ВДГ (10 г/га). Норма расхода рабочей жидкости 270 л/га. Изучали воздействие биофунгицидов на развитие и распространность обыкновенной корневой гнили в фазы третьего листа, кущения и молочно-восковой спелости зерна, а также листовых инфекций – септориоза, мучнистой росы, бурой листовой ржавчины – в фазе начала молочной спелости зерна^{1,2}. Учитывали параметры посева – густоту стояния растений, общую и продуктивную кустистость, био-

¹Фитосанитарная диагностика агроэкосистем: учеб.-практ. пособие / В.А. Чулкина, Е.Ю. Торопова, Г.Я. Стецов, Е.Ю. Мармулева, А.А. Кириченко, В.М. Гришин / под общ. ред. Е.Ю. Тороповой. Новосибирск. 2010. 127 с.

²Санин С.С., Соколова Е.А., Черкашин В.И. Болезни зерновых культур (рекомендации по проведению фитосанитарного мониторинга). М.: Росинформагротех, 2010. 137 с.

массу, высоту растений, площадь флагового листа, структуру колоса, крупность зерна^{3,4}. Учет урожая проводили методом прямого комбайнирования с помощью комбайна Сампо, зерно приводили к 14%-й влажности и 100%-й чистоте, определяли количество белка в зерне. Статистическую обработку данных проводили с помощью прикладных программ Snedecor, Excel⁵.

Погодные условия в годы исследования существенно различались. В целом по метеорологическим показателям 2019 г. был неблагоприятным для формирования высокой продуктивности растений. Всего за вегетационный период выпало 189 мм осадков, что меньше нормы на 43 мм, при этом в мае приход атмосферной влаги составил 43 мм, июне – 26, июле – 98, августе – 22 мм. Среднесуточная температура 10,9; 16,4; 19,2 и 18,3 °С соответственно. По метеорологическим показателям, вегетационный период 2020 г. характеризовался повышенной теплообеспеченностью и достаточной увлажненностью. Сумма осадков за вегетационный период с мая по август составила 245 мм, их распределение по месяцам было крайне неравномерным: в мае выпало 54,0 мм, июне – 24,0, июле – 85,0,

августе – 82,0 мм. Среднесуточная температура воздуха – 16,5; 16,6; 19,6 и 18,6 °С соответственно. В 2021 г. температура воздуха была близка к среднемноголетним значениям: в мае, июне, июле и августе она составила 14,3; 16,2; 19,6 и 18,1 °С. Осадков было на 45 мм меньше среднемноголетних значений, их сумма за вегетационный период составила 187 мм. В мае выпало 25,0 мм, июне – 73,0, июле – 22,0, августе – 67,0 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Развитие корневой гнили как в начале вегетации, так и к фазе молочно-восковой спелости зерна было невысоким и в среднем за 3 года составило 1,3% в фазе 3–4-го листа, 3,4% – в кущение и 10% – в фазе молочно-восковой спелости зерна, варьируя по годам от 1,1–1,5; 2,7–4,8 и 8,9–11,6% соответственно. Обработка семян яровой пшеницы оказала влияние на пораженность растений корневой гнилью (см. рис. 1). Биологическая эффективность Споробактерина в среднем по годам была на уровне 38,5 и 52,9%, Триходермина – 23,1 и 32,3% в первые две фазы учета, снижаясь до 27,0 и 21,0% к концу вегетации культуры, уступая по воздействию препарату Скарлет – 46,1; 55,9 и 36,0% со-

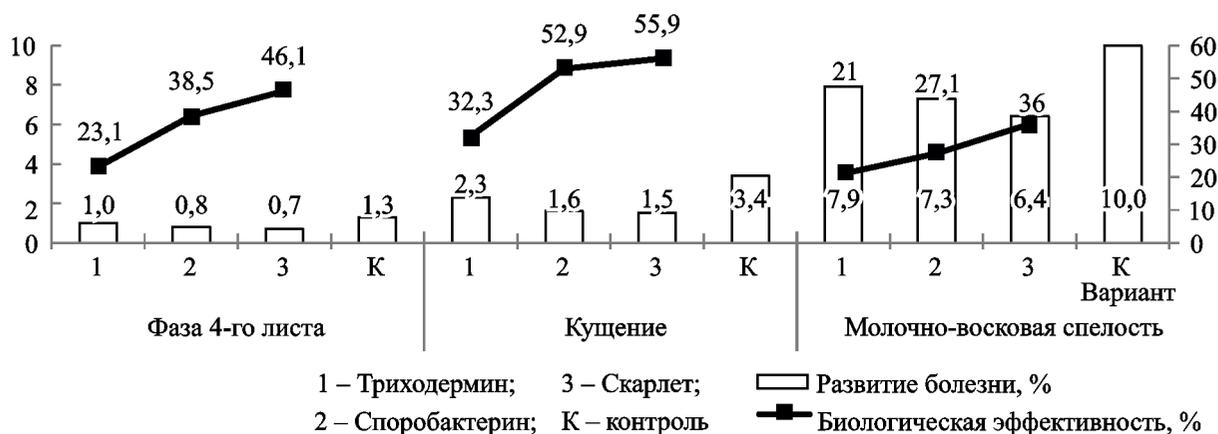


Рис. 1. Эффективность обработки семян биопрепаратами против корневой гнили яровой пшеницы (2019–2021 гг.), %

Fig. 1. Effectiveness of seed treatment with biopreparations against spring wheat root rot (2019–2021), %

³Торопова Е.Ю., Кириченко А.А. Фитосанитарный экологический мониторинг: метод. указания к лабораторно-практическим занятиям и контрольной работе. Новосибирск: НГАУ, 2012. 38 с.

⁴Валеева А.А., Сахабиев И.А. Дневник учебной практики по агроценологии. Казань: Казанский ун-т, 2017. 26 с.

⁵Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере; 2-е изд. Новосибирск, 2012. 282 с.

ответственно. Биологические препараты не сдерживали распространенность болезни, которая составила 98–100%, химический эталон Скарлет снижал данный показатель лишь в фазе 4-го листа до 88% и практически не влиял на него в последующие фазы.

Исследуемые средства подавляли также и листовые инфекции. В фазе начала молочной спелости зерна при развитии септориоза в контроле в среднем за 3 года на уровне 9,3% (14,2; 8,4 и 5,4% соответственно годам исследований) эффективность биофунгицидов Триходермин и Споробактерин составила 40 и 34%, протравителя Скарлет – 51%. При 97%-й распространенности септориоза в контроле она снижалась в вариантах с применением биопрепаратов до 91 и 95%, наименьшей была в варианте Скарлет – 88% (см. рис. 2).

Эффективность препаратов Триходермин, Споробактерин и Скарлет против мучнистой росы при развитии болезни в контроле в среднем за 3 года на уровне 9,0% (10,8; 5,6 и 10,5% соответственно годам исследований) составила 29, 24 и 43%, развитие снижалось до 5,1–6,8%. Против бурой листовой ржавчины при 2,3%-м развитии в контроле (6,1; 0,4 и 0,5% соответственно годам исследований) эффективность обработки семян Триходермином и протравителем Скарлет составила 22%, Споробактерином – 9%. Распространенность мучнистой росы и бурой листовой ржавчины в контроле была 75 и 34%, в опыте варьировала от 71 до 77% и от 38 до 47% соответственно.

В опыте наблюдали воздействие препаратов на формирование ростков пшеницы (см. табл. 1). В вариантах с обработкой

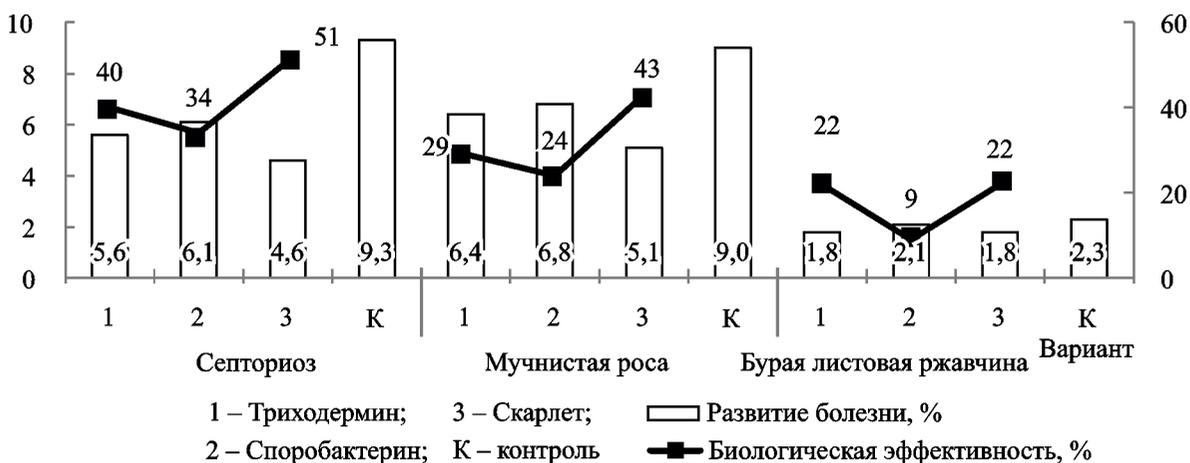


Рис. 2. Эффективность обработки семян биопрепаратами против листовых болезней яровой пшеницы в фазе начала молочной спелости зерна (2019–2021 гг.), %

Fig. 2. Efficiency of seed treatment with biopreparations against leaf diseases of spring wheat in the phase of the beginning of milk maturity of grain (2019–2021), %

Табл. 1. Морфологические показатели проростков пшеницы Новосибирская 31 в фазе 2-го листа при обработке семян биопрепаратами (2019–2021 гг.), см

Table 1. Morphological indices of Novosibirskaya 31 wheat seedlings in the phase of 2nd leaf when treated with biopreparations (2019–2021), cm

Вариант	Длина			
	листа	стебля	ростка	зародышевых корней
Контроль	11,41	4,63	16,04	5,31
Триходермин	12,12	5,14	17,26	4,52
Споробактерин	12,82	5,00	17,82	4,76
Скарлет	11,78	5,00	16,78	4,48
НСР ₀₅	0,32	0,18	0,50	1,30

семян Триходермином, Споробактерином длина листа достоверно увеличилась относительно контроля на 9,3; 12,3%, при применении протравителя Скарлет – на 3,2%. Длина стебля возросла на 11,0; 7,9 и 7,9%, длина ростка – на 7,6; 11,1 и 4,6%. Наибольший ростостимулирующий эффект наблюдали при обработке семян Споробактерином, наименьший – при применении химического протравителя.

Отмечали угнетение роста корневой системы в вариантах с биопрепаратами на 14,9 и 10,4%, еще большее – в варианте Скарлет: на 15,6% относительно контрольного показателя. Степень угнетения корневой системы проростков на уровне 10–16% является показателем, характеризующим уровень фитотоксичности почвы, которая в данном случае является низким (ингибирование менее 21–30%). Обработка семян биофунгицидами оказывала положительное воздействие на густоту стояния растений. В среднем за

годы исследований в вариантах Триходермин, Споробактерин и Скарлет отмечали ее увеличение в фазе 3-го листа на 9,7; 21,9 и 16,5% соответственно относительно контроля, в фазе молочно-восковой спелости зерна – на 8,3; 21,7 и 15,2%. Количество выживших растений в этих вариантах составило 78–79% (см. табл. 2).

Количество растений на единице площади к уборке на 87–93% определяло густоту продуктивного стеблестоя, которая увеличилась при применении биопрепаратов на 15,2%, протравителя Скарлет – на 17,4%.

Из всех обработок семян наиболее активно надземная биомасса культуры к концу вегетации накапливалась при обработке семян фунгицидом Скарлет – на 15,2% относительно контроля, корневая биомасса – на 22,6% соответственно (см. рис. 3, 4). В вариантах применения Споробактерина и Триходермина нарастания надземной биомассы относительно контроля до фазы цветения не

Табл. 2. Влияние обработки семян биопрепаратами на густоту стеблестоя яровой пшеницы (2019–2021 гг.)

Table 2. Effect of seed treatment with biopreparations on the stem density of spring wheat (2019–2021)

Вариант	Густота стояния, раст./м ²		Сохранность растений, %	Продуктивных стеблей, шт./м ²
	Фаза 3-го листа	Молочно-восковая спелость зерна		
Контроль	473	373	78,9	402
Триходермин	519	404	77,9	463
Споробактерин	577	454	79,2	463
Скарлет	551	430	78,1	472
НСР ₀₅	11	33	-	47



Рис. 3. Влияние обработки семян препаратами на надземную воздушно-сухую биомассу (2019–2021 гг.), г/100 растений (НСР₀₅ = 0,5; 2,4; 3,5; 4,7)

Fig.3. Effect of seed treatment on the aboveground air-dry biomass (2019–2021), g/100 plants (LSD₀₅ = 0.5; 2.4; 3.5; 4.7)



Рис. 4. Влияние обработки семян препаратами на корневую воздушно-сухую биомассу (2019–2021 гг.), г/100 растений ($НСР_{05} = 0,7; 1,3; 2,0; 2,1$)

Fig.4. Effect of seed treatment with preparations on the root air-dry biomass (2019–2021), g/100 plants ($LSD_{05} = 0.7; 1.3; 2.0; 2.1$)

наблюдали, корневая масса возросла лишь при применении Споробактерина на 4,3%.

Небольшое влияние обработка семян оказала на такой показатель, как высота растения (см. табл. 3). В вариантах Триходермин,

Споробактерин и Скарлет высота растений возрастала на 2,7; 2,2 и 3,6% относительно контроля. Утолщение стеблей отмечали в вариантах Триходермин и Скарлет – на 4,4 и 2,2% относительно контроля, в варианте Споробактерин отмечали их утончение на 4,4%, вероятно, в связи с более высокой густотой стояния растений в этом варианте.

Отмечено ростостимулирующее воздействие препаратов на показатель площади флагового листа (см. рис. 5). В опыте рост относительно контроля составил в варианте Триходермин 9,8; 8,8 и 4,8% соответственно годам исследований, Скарлет – 11,4 и 15,2% в 2019 и 2020 гг., при обработке семян Споробактерином площадь флагового листа увеличивалась на 17,1% лишь в 2019 г.

Табл. 3. Влияние обработки семян препаратами на параметры посева яровой пшеницы в фазе цветения (2019–2021 гг.)

Table 3. Effect of seed treatment with preparations on sowing parameters of spring wheat in the flowering phase (2019–2021)

Вариант	Высота растений, см	Толщина стебля, мм
Контроль	82,6	4,5
Триходермин	84,8	4,7
Споробактерин	84,4	4,3
Скарлет	85,6	4,6
$НСР_{05}$	2,9	0,2

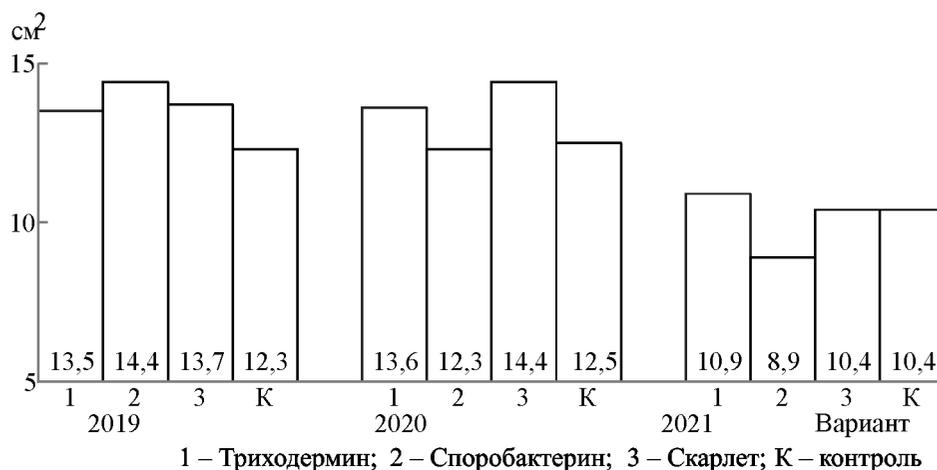


Рис. 5. Влияние обработок семян и посевов препаратами на площадь флагового листа (2019–2021 гг.), см² ($НСР_{05} = 2,20; 1,62; 1,28$)

Fig. 5. Effect of seed and crop treatments on the flag leaf area (2019–2021), cm² ($LSD_{05} = 2.20; 1.62; 1.28$)

Табл. 4. Влияние обработки семян биофунгицидами на структуру урожая и урожайность яровой пшеницы (2019–2021 гг.)**Table 4.** Effect of seed treatment with biofungicides on the yield structure and spring wheat yield (2019–2021)

Вариант	Колос				Масса 1000 зерен, г	Урожай- ность, т/га	Содержание белка, %
	длина, см	число колосков	число зерен	масса зерна, г			
Контроль	8,77	15,37	30,20	0,90	29,36	2,31	13,40
Триходермин	9,69	16,41	35,92	1,12	30,27	2,61	13,54
Споробактерин	8,92	15,77	30,66	0,94	30,52	2,68	13,68
Скарлет	9,21	15,69	33,29	1,01	30,40	2,53	13,25
НСР ₀₅	0,39	1,02	4,17	0,17	0,49	0,12	1,22

Обработка семян оказывала влияние на формирование колоса, массы зерна и урожайности пшеницы (см. табл. 4).

Наибольшее увеличение относительно контроля длины колоса, числа колосков и зерен, массы зерна с колоса было в варианте Триходермин – на 10,5; 6,8; 18,9; 24,4% соответственно, наименьшее – в варианте Споробактерин – на 1,7; 2,6; 1,5; 4,4%, в варианте Скарлет – на 5,0; 2,1; 10,2; 12,2%. Обработка семян изучаемыми препаратами способствовала формированию более крупного зерна. Самая высокая масса 1000 зерен получена при применении Споробактерина – на 1,16 г выше, чем в контроле.

Во всех вариантах опыта отмечено достоверное увеличение урожайности пшеницы. Обработка семян биопрепаратами обеспечила получение дополнительного сбора зерна в среднем 0,3–0,37 т/га, химическим протравителем – на 0,22 т/га. Наибольшая урожайность получена при обработке семян Споробактерином.

Содержание белка в зерне было выше относительно контроля при применении Триходермина и Споробактерина на 0,14 и 0,28%, в варианте Скарлет оно снизилось на 0,15%.

ВЫВОДЫ

1. В случаях слабого развития болезней, характерных для лесостепной зоны Приобья, химические фунгициды можно заменять биологическими. Установлено, что при обработке семян яровой пшеницы сорта Новосибирская 31, размещенной по паровому предшественнику, эффективность препаратов Триходермин, Споробактерин, Скарлет в фазе кущения снижает развитие

корневой гнили на 32, 53, 56% и на 21, 27, 36% соответственно в фазе молочно-восковой спелости зерна. В фазе колошения пшеницы Триходермин и Споробактерин сдерживают развитие септориоза на 40 и 34%, мучнистой росы – на 29 и 24%, Скарлет – на 51 и 43%.

2. Ростостимулирующее воздействие на развитие культуры проявилось в увеличении густоты стояния растений относительно контроля в вариантах Триходермин, Споробактерин и Скарлет на 9,7; 21,9 и 16,5%. Обработка семян проявляла ростостимулирующее влияние на флаг-лист пшеницы. Рост показателя площади листьев относительно контроля отмечали при обработке семян указанными препаратами на 7,9; 1,7 и 8,6%.

3. Защитный эффект биопрепаратов и их ростостимулирующее воздействие на растения пшеницы обеспечили достоверный рост урожайности при обработке семян Триходермином и Споробактерином на 0,30 и 0,37 т/га, при применении протравителя Скарлет урожайность повысилась на 0,22 т/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В трех томах: монография. М.: Агрорус, 2009. Т. 3. 960 с.
2. Дегтярева И.А., Яппаров И.А., Хидиятуллина А.Я. Биологические подходы к повышению урожайности сельскохозяйственных культур // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2013. Т. 215. С. 91–96.
3. Мотина Т.Ю., Дегтярева И.А., Давлетишина А.Я., Яппаров И.А., Алиев Ш.А., Бабь-

- нин Э.В. Биодобрения комплексного действия на основе консорциума микроорганизмов и наноструктурных агроминералов для получения экологически безопасной продукции растениеводства // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 12. С. 122–126.
4. Монастырский О.А., Першакова Т.В. Современные проблемы и решения создания биопрепаратов для защиты сельскохозяйственных культур от возбудителей болезней // Агро XXI. 2009. № 7-9. С. 3–5.
 5. Дулов М.И., Троц А.П. Урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы лесостепной зоны Среднего Поволжья при применении ресурсосберегающих технологий возделывания // Сельскохозяйственная биология. 2007. № 5. С. 100–104.
 6. Кузина Е.В., Леонтьева Т.Н., Давлетшин Т.К., Силищев Н.Н., Логинов О.Н. Эффективность биологического метода на зерновых в Омской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 5 (3). С. 160–163.
 7. Сафин С.С., Таланов И., Садриев А. Как защитить растения в условиях ресурсосберегающих технологий // Главный агроном. 2008. № 11. С. 52–56.
 8. Рабинович Г.Ю., Смирнова Ю.Д., Булычева В.О. Эффективность применения предпосевной обработки семян яровой пшеницы биопрепаратом ЖФБ // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 6. С. 137–144. DOI: 10.33619/2414-2948/43/18.
 9. Санин С.С., Назаров Л.Н., Неклеса Н.П., Полякова Т.М., Гудвин С. Эффективность биопестицидов и регуляторов роста растений в защите пшеницы от болезней // Защита и карантин растений. 2012. № 3. С. 16–18.
 10. 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.
- REFERENCES**
1. Zhuchenko A.A. *Adaptive plant breeding (ecological and genetic foundations)*. Theory and practice. In three volumes. Moscow: Agrorus Publ., 2009. vol. 3. 960 p. (In Russian).
 2. Degtyareva I.A., Yapparov I.A., Khidiyatullina A.Ya. Biological approaches to increasing of the productivities of the agricultural cultures. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman* = *Academic notes of Kazan state academy of veterinary medicine named after N. Bauman*, 2013, vol. 215, pp. 91–96. (In Russian).
 3. Motina T.Yu., Degtyareva I. A., Davletshina A.Ya., Yapparov I.A., Aliev Sh.A., Babynin E.V. Biofertilizers with complex action based on a consortium of microorganisms and nanostructured agrominerals for environmentally safe crop production. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* = *Bulletin of the Technological University*, 2017, vol. 20, no. 12, pp. 122–126. (In Russian).
 4. Monastyrsky O.A., Pershakova T.V. Modern problems and solutions of creating biological preparations for the protection of agricultural crops from pathogens. *Agro XXI*, 2009, no. 7-9, pp. 3–5. (In Russian).
 5. Dulov M.I., Trots A.P. Productivity and grain quality of spring soft wheat in the forest-steppe zone of Middle Povolzh'e during usage of resource-saving technology of cultivation. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* = *Agricultural Biology*, 2007, no. 5, pp. 100–104. (In Russian).
 6. Kuzina E.V., Leont'eva T.N., Davletshin T.K., Silishchev N.N., Loginov O.N. The effectiveness of the biological method on crops on the Omsk region. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* = *Izvestia RAS SamSC*, 2011, vol. 13, no. 5 (3), pp. 160–163. (In Russian).
 7. Safin S.S., Talanov I., Sadriev A. How to protect plants in the context of resource-saving technologies. *Glavnyi agronom* = *Chief Agronomist*, 2008, no. 11, pp. 52–56. (In Russian).
 8. Rabinovich G.Yu., Smirnova Yu.D., Bulycheva V.O. The pre-sowing spring wheat seeds treatment effectiveness by biopreparation LPB. *Byulleten' nauki i praktiki* = *Bulletin of Science and Practice*, 2019, vol. 5, no. 6, pp. 137–144. (In Russian). DOI: 10.33619/2414-2948/43/18.
 9. Sanin S.S., Nazarov L.N., Neklesa N.P., Polyakova T.M., Gudvin S. Effectiveness of biopesticides and plant growth regulators in the wheat protection from diseases. *Zashchita i karantin rastenii* = *Board of Plant Protection and Quarantin*, 2012, no. 3, pp. 16–18. (In Russian).
 10. Kekalo A.Yu., Nemchenko V.V., Zargaryan N.Yu., Tsypysheva M.Yu. *Protection of grain crops from diseases*. Kurtamysh: LLC "Kurtamysh printing house", 2017, 172 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Власенко Н.Г.**, доктор биологический наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: nvlasenko@sfscs.ru

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

Егорычева М.Т., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Nataliya G. Vlasenko**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: nvlasenko@sfscs.ru

Svetlana V. Burlakova, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Maria T. Egorycheva, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 04.07.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 30.08.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022



СОДЕРЖАНИЕ АМИНОКИСЛОТ В ЗЕРНЕ ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

✉ Исачкова О.А.¹, Логинова А.О.¹, Коркина В.И.²

¹ Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Кемеровская область, пос. Новостройка, Россия

² Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирск, Россия

✉ e-mail: isachkova2410@mail.ru

Представлены результаты изучения формирования урожайности и содержания аминокислот в зерне сортов голозерного овса разных групп спелости под влиянием различных сроков посева. Исследования проведены в 2018–2020 гг. в полевом и лабораторном опытах на среднераннем сорте Гаврош и среднеспелом сорте Офеня в условиях Западной Сибири. Выявлено достоверное преимущество ранних сроков посева сортов голозерного овса: у сорта Гаврош в среднем на 25,9–29,6%, у сорта Офеня на 16,2–21,6% относительно более поздних сроков. При этом достоверно более высокая урожайность формировалась у среднеспелого сорта Офеня (на 0,1–0,4 т/га). Большее количество незаменимых аминокислот у сорта Гаврош отмечено при позднем сроке посева – 4,51% (при раннем и среднем сроках – 4,39 и 4,45% соответственно), заменимых аминокислот – при раннем сроке – 8,83% (при среднем и позднем – 7,80 и 8,46% соответственно). У сорта Офеня содержание незаменимых аминокислот составило 4,82–6,49%, заменимых – 7,28–9,49%. У данного сорта отмечена тенденция увеличения количественного состава аминокислот в зерне от раннего срока посева к позднему. Выявлены различия по влиянию условий влагообеспеченности на накопление аминокислот в сортах голозерного овса. Наиболее высокое содержание незаменимых и заменимых аминокислот у среднеспелого сорта Офеня формируется при повышенных значениях гидротермического коэффициента (ГТК) в период всходы – кущение ($r = 0,9467 \dots 0,9999$ при $R = 0,6660$), пониженных значениях в период выход в трубку – цветение ($r = -0,9338 \dots -0,9987$ при $R = 0,6660$), при повышении ГТК в период налив – созревание ($r = 0,4335 \dots 0,7888$ при $R = 0,6660$). У раннеспелого сорта Гаврош большее содержание незаменимых аминокислот отмечено при раннем сроке посева при низких значениях ГТК в период всходы – кущение, повышенных – в период выход в трубку – цветение и в засушливых условиях периода налив – созревание ($r = -0,8812, 0,8626, -0,6087$ при $R = 0,6660$ соответственно). Высокое содержание заменимых аминокислот у сорта Гаврош формировалось при поздних сроках в годы с пониженными значениями ГТК в период всходы – кущение, наличии осадков в период цветения и их отсутствии в период налив – созревание ($r = -0,8287, 0,8068, -0,6860$ при $R = 0,6660$ соответственно).

Ключевые слова: голозерный овес, урожайность, срок посева, аминокислоты

AMINO ACID CONTENT IN THE GRAIN OF NAKED OATS UNDER VARIOUS CULTIVATION CONDITIONS

✉ Isachkova O.A.¹, Loginova A.O.¹, Korkina V.I.²

¹Kemerovo Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences
Novostroyka, Kemerovo Region, Russia

²Siberian Federal Scientific Centre of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences
Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: isachkova2410@mail.ru

The results of studying the formation of yield and amino acid content in the grain of naked oats varieties of different ripeness groups under the influence of different sowing dates are presented. The research was carried out in 2018-2020 in field and laboratory experiments on the medium early Gavroche variety and the mid ripening Ofenya variety in Western Siberia. A significant advantage of early sowing dates of naked oats varieties has been revealed: the Gavroche variety has an average of 25.9-29.6%, the Ofenya variety has 16.2-21.6% relative to later dates. At the same time, a significantly higher yield was formed in the mid ripening variety Ofenya, by 0.1-0.4 t/ha. A greater number of essential amino acids in the Gavroche variety was noted at a late sowing period – 4.51% (at an early and average term of 4.39 and 4.45%, respectively), and interchangeable amino acids – at an early term – 8.83% (at an average and late – 7.80 and 8.46%, respectively). In the Ofenya variety, the content of essential amino acids was 4.82-6.49 g/kg, interchangeable 7.28-9.49%. At the same time, this variety has a tendency to increase the quantitative composition of amino acids in the grain from the early sowing period to the late one. Differences in the influence of moisture conditions on the accumulation of amino acids in the varieties of naked oats were revealed. The highest content of essential and interchangeable amino acids in the medium-ripened variety Ofenya is formed at elevated values of the hydrothermal coefficient (HTC) in the period of seedling – tillering ($r = 0.9467 \dots 0.9999$ at $R = 0.6660$), reduced values in the period of booting – flowering ($r = -0.9338 \dots -0.9987$ at $R = 0.6660$), with an increase in HTC during the filling – ripening period ($r = 0.4335 \dots 0.7888$ at $R = 0.6660$). In the early-maturing Gavroche variety, a higher content of essential amino acids was noted at an early sowing period under conditions of low values of HTC during the period of seedling – tillering, increased - during the period of booting-flowering and arid conditions of the period of filling–ripening - $r = -0.8812, 0.8626, -0.6087$ at $R = 0.6660$, respectively. The high content of interchangeable amino acids in the Gavroche variety was formed at late periods in the years with reduced values of HTC during the period of seedling -tillering, the presence of precipitation during flowering and their absence during the period of filling-ripening ($r = -0.8287, 0.8068, -0.6860$ at $R = 0.6660$, respectively).

Keywords: naked oats, yield, sowing period, amino acids

Для цитирования: Исачкова О.А., Логинова А.О., Коркина В.И. Содержание аминокислот в зерне голозерного овса при различных условиях возделывания // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 15–23. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-2>

For citation: Isachkova O.A., Loginova A.O., Korkina V.I. Amino acid content in the grain of naked oats under various cultivation conditions. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 15–23. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Голозерный овес – это уникальная по свойствам культура. Богатый биохимический состав зерна, определяющий диетические и лечебно-профилактические свойства, обуславливает возможность его применения при разработке изделий детского, функционального и специализированного назначения [1, 2]. Зерно голозерного овса содержит большое количество белков (до 18–20%), масла (до 8–12%), водорастворимых полисахаридов бета-глюканов (до 6–8%). Также голозерный овес богат микро- и макроэлементами (калий, магний, кальций, кремний, фосфор, натрий и др.). По содержанию витаминов группы А, В, Е, К голозерные формы овса имеют высокие показатели [3–8].

Голозерный овес содержит практически полный сбалансированный комплекс незаменимых и заменимых аминокислот [9–11]. Аминокислоты содержатся во всех тканях растений. Они играют важную роль в обмене веществ, многие из них служат активаторами ферментов и витаминов. Состав аминокислот влияет на качество пищи и кормов. Их недостаток вызывает серьезные заболевания у людей и животных. Аминокислоты – конечный продукт расщепления белка в пищеварительном канале. Они служат структурным материалом для образования белков в теле человека и животных. Восемь аминокислот – валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан и фенилаланин – относятся к незаменимым и при отсутствии хотя бы одной из них синтез белка, а также белковых веществ невозможен. Эти аминокислоты не синтезируются в организме и должны поступать в достаточном количестве с пищей. Лизин, метионин и триптофан – основные или критические, так как они лимитируют использование других аминокислот для синтеза молекулы белка [12]. Гистидин и аргинин являются условно-незаменимыми, они образуются в организме человека и животных, но в небольшом количестве, и большую часть потребности в этих аминокислотах необходимо покрывать за счет пищевых источников. Гистидин необходим для развития и поддер-

жания здоровых тканей; изолейцин способствует нормальной свертываемости крови и восстановлению мышц; лейцин усиливает выработку гормона роста, способствует росту мышц; лизин участвует в выработке коллагена, имеющего решающее значение для здоровья костей; метионин является мощным антиоксидантом; фенилаланин способствует выработке гормонов стресса и расслабления; треонин необходим при формировании костей и хрящей; триптофан необходим для выработки серотонина и мелатонина; валин предотвращает распад мышц и удаляет излишки белка из печени; аргинин отвечает за восстановление мышц, быстрое заживление ран и травм, выводит шлаки, укрепляет иммунитет; аланин отвечает за уровень сахара в крови; аспарагин способствует функционированию иммунной системы; глутамин является «топливом» для организма на время особо высоких нагрузок, укрепляет память, усиливает внимание; глицин – «сырье» для создания креатина, важен для поддержания жизненного тонуса; пролин необходим для соединительной ткани, подпитывает организм во время нагрузок; серин важен для нервной системы, снабжает клетки энергией; тирозин способен корректировать нейрофизиологические процессы, такие как внимание, энергичность, настроение, память, бдительность [13]. Состав аминокислот в зерне зависит от сорта, агротехники и условий произрастания.

Цель исследований – изучить состав аминокислот в зерне голозерного овса при различных условиях возделывания в северной лесостепи Кемеровской области.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проведены на опытном поле Кемеровского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (Кемеровского НИИСХ – филиала СФНЦА РАН) в 2018–2020 гг. Объектами исследований служили сорта голозерного овса: среднеранний сорт Гаврош и среднеспелый сорт Офеня.

Предшественник – чистый пар. Посев проводили в три срока: первый (ранний) срок – при наступлении физической спелости почвы (27.04–14.05), последующие с интервалом 8–10 дней: средний (09–21.05) и поздний (21–28.05). Посев проводили сеялкой СН-10 Ц, площадь деланки 10 м² в четырехкратной повторности. Расположение деланок рендомезированное. Учеты, наблюдения, статистическая обработка данных проводились в соответствии с утвержденными методическими указаниями^{1–3}.

Метеорологические условия 2018 г. отличались пониженными температурами воздуха и большим количеством осадков в период всходы – выметывание (ГТК = 2,0). Избыточное увлажнение и недостаток солнечного сияния в период кущение – цветение способствовали значительному развитию листостебельных заболеваний. Налив зерна и созревание проходили при оптимальной влагообеспеченности и повышенных температурах воздуха (ГТК = 1,4–1,9). Погодные условия при среднем и позднем сроках посева были относительно благоприятными для роста и развития растений голозерного овса. Налив зерна и созревание при всех сроках посева проходили при повышенных температурах воздуха и недостатке влаги (ГТК = 0,3–0,7).

Погодные условия вегетационного периода растений первого срока посева 2019 г. характеризовались достаточной влагообеспеченностью. Вегетативная фаза вегетации (всходы – выметывание) проходила при достаточной влагообеспеченности и повышенных температурах воздуха (ГТК = 1,1–1,3). Налив зерна и созревание проходили при благоприятных условиях (ГТК = 1,1–1,2), что способствовало формированию высокого урожая. Водный и температурный режимы при посеве среднего и позднего сроков характеризовались пониженными температурами воздуха на фоне большого количества осадков (ГТК = 1,7 и 1,8 соответствен-

но). Вегетативный и генеративный подпериоды были относительно благоприятными для роста и развития растений голозерного овса (ГТК = 1,2–1,3).

Первая половина вегетации растений первого срока посева 2020 г. проходила при недостаточной влагообеспеченности и повышенных температурах воздуха (ГТК = 0,7). Налив зерна и созревание проходили при засушливых условиях (ГТК = 0,2). Метеорологические условия в период посев – всходы и всходы – выметывание при среднем сроке посева характеризовались недостаточной влагообеспеченностью (ГТК = 1,1 и 0,9 соответственно), период выметывание – созревание проходил в условиях избыточного увлажнения (ГТК = 1,8), что сказалось на снижении урожайности вариантов. Водный и температурный режимы позднего срока в период посев – всходы и всходы – выметывание характеризовались пониженными температурами воздуха на фоне большого количества осадков (ГТК = 2,4 и 2,0 соответственно), в период выметывание – созревание отмечены повышенные температуры воздуха и недостаток влаги (ГТК = 0,8).

Определение содержания аминокислот в зерне голозерного овса проводили в лаборатории биохимии СФНЦА РАН с использованием системы капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ» по методике М 04-87-2016. Метод основан на разложении проб кислотным или щелочным гидролизом с переводом аминокислот в свободные формы, получением ФТК-производных и дальнейшим их разделением и количественном определении.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При формировании количественных и качественных показателей зерна голозерного овса первостепенное значение имеют условия произрастания растений, которые могут быть нивелированы таким элементом технологии возделывания, как срок посева. Результатами исследования отмечена более

¹Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. 270 с.

²Доспехов Б.Л. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.

³Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.

высокая урожайность изучаемых сортов Гаврош и Офеня в 2019 г. – 2,89 и 3,07 т/га при оптимальной влагообеспеченности (ГТК = 1,2). Меньшая урожайность сформирована в 2020 г. (ГТК = 1,0) – 2,37 и 2,74 т/га соответственно.

По зерновой продуктивности отмечено преимущество ранних сроков посева у обоих сортов во все годы изучения: у сорта Гаврош в среднем на 25,9–29,6%, у сорта Офеня на 16,2–21,6% относительно более поздних сроков (см. табл. 1). При этом достоверно более высокая урожайность формировалась у среднеспелого сорта Офеня (на 0,1–0,4 т/га).

Ценность генотипов голозерного овса определяется качественными показателями зерна. Так, по общему содержанию аминокислот в зерне у сорта Гаврош более высокие показатели выявлены при раннем сроке посева – 13,22%, однако по незаменимым и заменимым аминокислотам наблюдались различия. Большее количество незаменимых аминокислот отмечено при позднем сроке посева – 4,51% (при раннем и среднем сроках 4,39 и 4,45% соответственно), а заменимых аминокислот – при раннем сроке – 8,83% (при среднем и позднем – 7,80 и 8,46% соответственно) (см. табл. 2).

Среднеспелый сорт Офеня отличается от среднераннего сорта Гаврош более высоким содержанием как незаменимых (4,82–6,49%), так и заменимых (7,28–9,49%) аминокислот. При этом у данного сорта наблюдали тенденцию увеличения количественного состава аминокислот в зерне от раннего

срока посева к позднему. По сумме критических аминокислот большие значения отмечены при позднем сроке посева у обоих сортов – 0,69 г/кг у сорта Гаврош, 0,95% у сорта Офеня. Из группы незаменимых аминокислот у сорта Гаврош высокие показатели отмечены у аргинина при среднем сроке – 0,92%, валина при среднем и позднем сроках – 0,53%, лейцина + изилейцина при позднем сроке – 1,23% и фенилаланина при раннем сроке посева – 0,68%. У сорта Офеня высокое содержание аргинина, валина, лейцина + изолейцина и фенилаланина выявлено при позднем сроке – 1,05, 0,83, 1,89, 0,95% соответственно.

В группе заменимых аминокислот лучшие значения у сорта Гаврош отмечены при раннем сроке посева (у аспарагина – 1,19%, глутамин – 4,21% и цистеина – 1,11%). Более высокое содержание аланина, глицина, пролина, серина и тирозина было при позднем сроке и составило от 0,46 до 0,59%. У сорта Офеня наибольший показатель характерен для глутамин – 3,50%. Содержание других заменимых аминокислот составило от 0,63 до 0,99%. При этом максимальные значения у всех аминокислот формировались при позднем сроке посева.

Проведенными исследованиями установлено влияние формирования количественных и качественных показателей урожайности от складывающихся в период вегетации растений условий влагообеспеченности. Отмечена тенденция формирования более высокой урожайности при по-

Табл. 1. Урожайность сортов голозерного овса, 2018–2020 гг., т/га

Table 1. Yield of naked oats varieties, 2018–2020, t/ha

Сорт	Год изучения	Срок посева			Среднее по опыту
		ранний	средний	поздний	
Гаврош	2018	3,11	2,51	2,45	2,69
	2019	4,19	2,52	1,97	2,89
	2020	2,43	2,16	2,43	2,37
	Среднее по сроку	3,24	2,40	2,28	2,64
Офеня	2018	3,70	2,81	2,33	2,97
	2019	3,53	3,13	2,54	3,07
	2020	2,78	2,47	2,98	2,74
	Среднее по сроку	3,34	2,80	2,62	2,92

Примечание. НСР₀₅ фактор А (год) = 0,09; фактор В (сорт) = 0,04; фактор С (срок посева) = 0,07.

Табл. 2. Содержание аминокислот в зерне сортов голозерного овса, 2018–2020 гг., %**Table 2.** Amino acid content in grain varieties of naked oats, 2018–2020, %

Показатель	Гаврош			Офеня			НСР ₀₅
	Срок посева						
	ранний	средний	поздний	ранний	средний	поздний	
Аргинин	0,88	0,92	0,85	0,81	0,97	1,05	0,07
Валин	0,50	0,53	0,53	0,59	0,71	0,83	0,10
Гистидин	0,22	0,21	0,22	0,22	0,26	0,29	0,02
Изолейцин + лейцин	1,16	1,19	1,23	1,36	1,67	1,89	0,24
Лизин	0,38	0,38	0,42	0,44	0,55	0,60	0,07
Метионин	0,13	0,14	0,14	0,17	0,21	0,22	0,03
Треонин	0,29	0,31	0,32	0,37	0,45	0,53	0,08
Триптофан	0,15	0,13	0,13	0,17	0,12	0,13	0,02
Фенилаланин	0,68	0,64	0,67	0,69	0,82	0,95	0,10
Аланин	0,48	0,48	0,52	0,55	0,71	0,84	0,12
Аспарагин	1,19	1,06	1,06	0,80	0,98	0,99	0,10
Глицин	0,50	0,51	0,55	0,59	0,72	0,90	0,12
Глутамин	4,21	3,43	3,70	2,82	3,20	3,50	0,38
Пролин	0,52	0,54	0,59	0,66	0,73	0,90	0,10
Серин	0,48	0,47	0,54	0,65	0,76	0,89	0,13
Тирозин	0,34	0,41	0,46	0,45	0,53	0,63	0,08
Цистеин	1,11	0,90	1,04	0,76	0,88	0,84	0,10
Общая сумма аминокислот	13,22	12,25	12,97	12,10	14,27	15,98	1,17
Сумма критических аминокислот	0,66	0,65	0,69	0,78	0,88	0,95	0,10
Сумма незаменимых аминокислот	4,39	4,45	4,51	4,82	5,76	6,49	0,69
Сумма заменимых аминокислот	8,83	7,80	8,46	7,28	8,51	9,49	0,62

Примечание. НСР₀₅ фактор А (сорт) = 0,05; фактор В (срок посева) = 0,06.

ниженных условиях влагообеспеченности в периоды всходов и цветения растений ($r = -0,2647 \dots -0,3258$ при $R = 0,5760$) и повышенных – в периоды кущения и созревания ($r = 0,1250 \dots 0,1571$ при $R = 0,5760$). Вместе с тем выявлены различия по влиянию условий влагообеспеченности на накопление аминокислот в сортах голозерного овса. Наиболее четко такие зависимости проявлялись у среднеспелого сорта Офеня на всех вариантах опыта. Более высокое содержание как незаменимых, так и заменимых аминокислот у данного сорта формируется при повышенных значениях гидротермического коэффициента в мае (период всходы – кущение) ($r = 0,9467 \dots 0,9999$ при $R = 0,6660$), пониженных значениях в июне (период выход в трубку – цветение) ($r = -0,9338 \dots -0,9987$ при $R = 0,6660$), и затем при повышении ГТК в августе, когда у сорта Офеня проходил

период налив – созревание ($r = 0,4335 \dots 0,7888$ при $R = 0,6660$) (см. табл. 3).

В отличие от среднеспелого сорта Офеня у раннеспелого сорта Гаврош наблюдали различия корреляционных зависимостей формирования содержания аминокислот от условий произрастания. Так, большее содержание незаменимых аминокислот при раннем сроке посева отмечено при низких значениях ГТК в мае (период всходы – кущение) ($r = -0,8812$ при $R = 0,6660$), повышенных – в июне, т.е. в период выход в трубку – цветение ($r = 0,8626$ при $R = 0,6660$), и засушливых условиях периода налив – созревание (июль) ($r = -0,6087$ при $R = 0,6660$). При среднем и позднем сроках посева большее влияние оказывали условия периода цветения – налива (июнь) ($r = 0,7731 \dots 0,9495$ при $R = 0,6660$), и созревания (август) ($r = -0,8138 \dots -0,9683$ при $R = 0,6660$).

Табл. 3. Зависимость накопления аминокислот в зерне голозерного овса от условий влагообеспеченности в различные периоды вегетации, 2018–2020 гг.

Table 3. Dependence of the accumulation of amino acids in the grain of naked oats on the conditions of moisture supply in different periods of vegetation, 2018–2020.

Срок посева	ГТК периода вегетации	Гаврош		Офеня	
		Сумма аминокислот			
		незаменимых	заменимых	незаменимых	заменимых
Ранний	Май	-0,8812	0,7460	0,9914	0,9619
	Июнь	0,8626	-0,7201	-0,9956	-0,9508
	Июль	-0,6087	0,7775	0,0305	0,4251
	Август	-0,2811	0,0486	0,7888	0,4797
Средний	Май	-0,5013	-0,6827	0,9718	0,9700
	Июнь	0,5339	0,6544	-0,9621	-0,9600
	Июль	0,7731	-0,8312	0,3895	0,3965
	Август	-0,9683	0,0419	0,5135	0,5069
Поздний	Май	-0,1565	-0,8287	0,9467	0,9999
	Июнь	0,1940	0,8068	-0,9338	-0,9987
	Июль	0,9495	-0,6860	0,4705	0,1731
	Август	-0,8138	-0,1823	0,4345	0,6928

Примечание: $R = 0,666$ при $n = 9$, достоверно на 5%-м уровне значимости.

При анализе содержания заменимых аминокислот при раннем сроке посева у сорта Гаврош отмечена обратная зависимость: повышенные значения аминокислот формировались в годы с высокой влагообеспеченностью в мае, засушливыми условиями в июне и наличием осадков в июле ($r = 0,7460, -0,7201$ и $0,7775$ при $R = 0,6660$ соответственно). На высокое содержание заменимых аминокислот при среднем и позднем сроках оказывали влияние пониженные значения ГТК в период всходы – кущение (май) ($r = -0,6827...-0,8287$ при $R = 0,6660$), наличие осадков в период цветения (июнь) ($r = 0,6544...0,8068$ при $R = 0,6660$) и их отсутствие в период налив – созревание (июль – август) ($r = -0,1823...-0,8312$ при $R = 0,6660$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения сортов голозерного овса Гаврош и Офеня при различных условиях возделывания выявлены различия в формировании количества и качества урожая. Более высокие значения урожайности отмечены при ранних сроках посева. Высокое содержание незаменимых аминокислот у сорта Гаврош зарегистрировано при

позднем сроке посева – 4,51%, а заменимых аминокислот – при раннем сроке – 8,83%. У сорта Офеня большее содержание как незаменимых, так и заменимых аминокислот наблюдали на варианте позднего срока посева (6,49 и 9,49% соответственно).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Янова М.А., Цуглинок Г.И., Иванова Т.С. Использование голозерных форм ячменя и овса в производстве пищевых продуктов // Вестник Красноярского государственного университета. 2012. № 4. С. 203–205.
2. Попов В.С., Сергеева С.С., Барсукова Н.В. Функциональные и технологические свойства зерна овса и перспективный ассортимент продуктов питания на его основе // Вестник технологического университета. 2016. № 16. С. 147–151.
3. Кудряшова Т.Р., Иванченко О.Б., Лоскутов И.Г. Оценка качества голозерного овса новой селекции // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (62). С. 50–58. DOI: 10.24412/2078-1318-2021-1-50-58.
4. Абуғалиева А.И., Лоскутов И.Г., Савин Т.В., Чудинов В.А. Изучение голозерного овса из коллекции ВИР на качественные показатели в условиях Казахстана // Труды по приклад-

- ной ботанике, генетике и селекции. 2021. № 1. С. 9–21.
5. Баталова Г.А. Формирование урожая и качества зерна овса // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 11. С. 10–13.
 6. Kouřimská L., Pokhrel K., Božik M., Tilami S.K., Horčíčka P. Fat content and fatty acid profiles of recently registered varieties of naked and hulled oats with and without husks // Journal of Cereal Science. 2021. Vol. 99. P. 103216. DOI: 10.1016/j.jcs.2021/103216.
 7. Biel W., Bobko K., Maciorowski R. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain // Journal of Cereal Science. 2009. Vol. 49. Is. 3. P. 413–418. DOI: 10.1016/j.jcs.2009.01.009.
 8. Antonini E., Lombardi F., Alfieri M., Diamantini G., Redaelli R., Ninfali P. Nutritional characterization of naked and dehulled oat cultivar samples at harvest and after storage // Journal of Cereal Science. 2016. Vol. 72. P. 46–53. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.09.016.
 9. Thies F., Masson L.F., Boffetta P., Kris-Etherton P. Oats and CVD risk markers: a systematic literature review // British Journal of Nutrition. 2014. Vol. 112. N 2. P. 19–30. DOI: 10.1017/s0007114514002281.
 10. Schuster J., Beninca G., Vitorazzi R., Morelo Dal Bosco S. Effects of oats on lipid profile, insulin resistance and weight loss // Nutricion Hospitalaria. 2015. Vol. 32. N 5. P. 2111–2116.
 11. Boye J., Wijesinha-Bettoni R., Burlingame B. Protein quality evaluation twenty years after the introduction the protein digestibility corrected acid score method // British Journal of Nutrition. 2012. Vol. 108. N 2. P. 183–211. DOI: 10.1017/s00071145112002309.
 12. Маркевич Д.В., Путятин Ю.В., Таврыкина О.М. Сравнительный анализ состава незаменимых аминокислот в основной продукции зерновых культур // Почвоведение и агрохимия. 2013. № 1 (50). С. 178–185.
 13. Огнев С.И. Аминокислоты, пептиды и белки: монография. М.: Высшая школа, 2005. 365 с.
 2. Popov V.S., Sergeeva S.S., Barsukova N.V. Functional and technological properties of oat grain and a promising range of food products based on it. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of the Technological University*, 2016, no 16, pp. 147–151. (In Russian).
 3. Kudryashova T.R., Ivanchenko O.B., Loskutov I.G. Evaluation of the grain quality of new naked oat cultivar. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint Petersburg State Agrarian University*, 2021, no. 1 (62), pp. 50–58. (In Russian). DOI: 10.24412/2078-1318-2021-1-50-58.
 4. Abugalieva A.I., Loskutov I.G., Savin T.V., Chudinov V.A. Evaluation of naked oat accessions from the VIR collection for their qualitative characteristics in Kazakhstan. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii = Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 2021, no. 1. pp. 9–21. (In Russian).
 5. Batalova G.A. Formation of the yield and quality of oat grain. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2010, no. 11, pp. 10–13. (In Russian).
 6. Kouřimská L., Pokhrel K., Božik M., Tilami S.K., Horčíčka P. Fat content and fatty acid profiles of recently registered varieties of naked and hulled oats with and without husks. *Journal of Cereal Science*, 2021, vol. 99, pp. 103216. DOI: 10.1016/j.jcs.2021/103216.
 7. Biel W., Bobko K., Maciorowski R. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. *Journal of Cereal Science*, 2009, vol. 49, is. 3, pp. 413–418. DOI: 10.1016/j.jcs.2009.01.009.
 8. Antonini E., Lombardi F., Alfieri M., Diamantini G., Redaelli R., Ninfali P. Nutritional characterization of naked and dehulled oat cultivar samples at harvest and after storage. *Journal of Cereal Science*, 2016, vol. 72, pp. 46–53. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.09.016.
 9. Thies F., Masson L.F., Boffetta P., Kris-Etherton P. Oats and CVD risk markers: a systematic literature review. *British Journal of Nutrition*, 2014, vol. 112, no. 2, pp. 19–30. DOI: 10.1017/s0007114514002281.
 10. Schuster J., Beninca G., Vitorazzi R., Morelo Dal Bosco S. Effects of oats on lipid profile, insulin resistance and weight loss. *Nutricion Hospitalaria*, 2015, vol. 32, no. 5, pp. 2111–2116.
 11. Boye J., Wijesinha-Bettoni R., Burlingame B. Protein quality evaluation twenty years after

REFERENCES

- the introduction the protein digestibility corrected acid score method. *British Journal of Nutrition*, 2012. vol. 108, no. 2, pp. 183–211. DOI: 10.1017/s00071145112002309.
12. Markevich D.V., Putyatin Yu.V., Tavrykina O.M. The comparative analysis of composition of essential amino acids in basic productions of cereals. *Pochvovedenie i agrokhimiya = Soil Science and Agrochemistry*, 2013, no. 1 (50). pp. 178–185. (In Russian).
13. Ognev S.I. *Amino acids, peptides and proteins*. Moscow, Higher School, 2005, 365 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Исачкова О.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 650510, Кемеровская область, Кемеровский район, пос. Новостройка, ул. Центральная 47; e-mail: isachkova2410@mail.ru

Логинова А.О., научный сотрудник

Коркина В.И., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Olga A. Isachkova**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 47, Tsentralnaya street, Novostroika settl., Kemerovo district, Kemerovo region, 650510, Russia; e-mail: isachkova2410@mail.ru

Anastasia O. Loginova, Researcher

Valentina I. Korkina, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 16.08.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 07.10.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022

ПРИЗНАКИ КАЧЕСТВА ПЛОДОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ И СЕЛЕКЦИЯ НА ИХ УЛУЧШЕНИЕ

✉ **Марченко Л.А.**

Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства
Москва, Россия

✉ e-mail: Lamarch@yandex.ru

На основе анализа отечественных и зарубежных литературных источников обобщены сведения об основных признаках качества плодов земляники садовой (крупноплодность, твердость или прочность плодов, биохимический состав) и селекционных возможностях их улучшения на современном этапе селекции. Качественные характеристики плодов земляники садовой различаются по группам: товарные, потребительские, биохимические, физико-механические, технологические. При выращивании земляники садовой для потребления в свежем виде выделены следующие крупноплодные сорта: Clery (Италия), Florence (Великобритания), Alba (Италия), Roxana (Италия), Vima Xima (Нидерланды), Vima Tarda (Нидерланды), Vima Kimberly (Нидерланды), Maya (Италия), San Andreas (США), Таира, Нелли, Кемия, Элегия, Альфа, Берегиня, Царица, Крымчанка 87, Аросса, Заря, Крымская ранняя, Юниол, Янтарная. Признак твердости плодов относится к технологическим характеристикам, однако от него зависит и внешний вид плодов при сборе и транспортировке, что обуславливает товарный вид. Высокой степенью твердости плодов обладают сорта: Царица, Сюрприз олимпиаде, Рубиновый кулон, Фейерверк, Акварель, Алина, Нелли, Induka (Нидерланды), Clery, Darselect (Франция), Tenira (Нидерланды), Selektа (Канада), Polka (Нидерланды), Irma (Италия), Alba, Asia (Италия), Syria (Италия), Onda (Италия), Vivaldi (Нидерланды). Плоды земляники характеризуются уникальным составом биологически активных соединений, определяющих пищевую ценность культуры как источника диетического и лечебно-профилактического питания. Исследования свидетельствуют о преимущественной роли генотипа в накоплении антиоксидантов в плодах земляники садовой, а также о влиянии условий выращивания на реализацию генетического потенциала сортов. В связи с развитием технологий возделывания и расширением знаний о нутрицевтической ценности земляники садовой одной из приоритетных задач селекционных программ во всем мире стало улучшение качества плодов. Для повышения уровня признаков качества плодов у земляники садовой наибольший эффект может быть достигнут при использовании в селекции исходных форм с подтвержденными донорскими свойствами по данным признакам.

Ключевые слова: земляника садовая, признак, крупноплодность, твердость плодов, биохимический состав, селекция

QUALITY ATTRIBUTES OF GARDEN STRAWBERRY FRUITS AND BREEDING FOR THEIR IMPROVEMENT

✉ **Marchenko L.A.**

Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery
Moscow, Russia

✉ e-mail: Lamarch@yandex.ru

Based on the analysis of domestic and foreign literary sources the information about the main quality attributes of garden strawberry fruits (large fruit size, hardness or firmness of fruits, biochemical composition) and breeding possibilities of their improvement at the present stage of breeding is summarized. Quality characteristics of garden strawberries are differentiated by groups: commercial, consumer, biochemical, physical and mechanical, technological. When growing garden strawberries for fresh consumption, the following large-fruited varieties were identified: Clery (Italy), Florence (UK), Alba (Italy), Roxana (Italy), Vima Xima (Netherlands), Vima Tarda (Netherlands), Vima Kimberly (Netherlands), Maya (Italy), San Andreas (USA), Taira, Nelly, Kemiya, Elegy, Alpha, Bereginya, Tsaritsa, Krymchanka 87, Arossa, Zarya, Krymskaya rannaya, Uniol, Jantarnaja. The trait of fruit hardness refers to the technological characteristics, but it also depends on the appear-

ance of fruits during harvesting and transportation, which determines the commercial appearance. The following varieties have a high degree of fruit hardness: Tsaritsa, Surprise olympics, Rubinov kulon, Feyerverk, Aquarelle, Alina, Nelli, Induka (Netherlands), Clery, Darselect (France), Tenira (Netherlands), Selekt (Canada), Polka (Netherlands), Irma (Italy), Alba, Asia (Italy), Syria (Italy), Onda (Italy), Vivaldi (Netherlands). Strawberry fruits are characterized by a unique composition of biologically active compounds that determine the nutritional value of the crop as a source of dietary and therapeutic and preventive nutrition. Studies indicate a predominant role of genotype in the accumulation of antioxidants in garden strawberry fruits, as well as the influence of growing conditions on the realization of the genetic potential of the varieties. Due to the development of cultivation technologies and the expansion of knowledge about the nutraceutical value of garden strawberries, improving the quality of fruits has become one of the priority objectives of breeding programs around the world. To increase the level of fruit quality traits in garden strawberry, the greatest effect can be achieved by using the original forms with proven donor properties on these traits in breeding.

Keywords: garden strawberry, trait, large fruit size, fruit hardness, biochemical composition, breeding

Для цитирования: Марченко Л.А. Признаки качества плодов земляники садовой и селекция на их улучшение // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 24–31. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-3>

For citation: Marchenko L.A. Quality attributes of garden strawberry fruits and breeding for their improvement. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 24–31. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-3>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Благодарность

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства № 0432-2021-0003 «Сохранить, пополнить, изучить генетические коллекции сельскохозяйственных растений и создать репозитории плодовых и ягодных культур, заложенные свободными от вредоносных вирусов растениями».

Acknowledgments

The research was performed within the framework of the state assignment of the FSBSI Federal Scientific Research Breeding and Technological Center for Horticulture and Nursery Production № 0432-2021-0003 "Preserve, replenish, study genetic collections of agricultural plants and create repositories of fruit and berry crops, laid by plants free of harmful viruses".

ВВЕДЕНИЕ

Производство земляники в мире постоянно растет. По данным FAOSTAT в 2011 г. произведено 6,4 млн т ее плодов, в 2020 г. – 8,9 млн т. Увеличение производства обусловлено как приростом площадей, занимаемых культурой (от 324,085 га в 2011 г. до 384,668 га в 2020 г.), так и увеличением урожайности (от 19,68 т/га в 2011 г. до 23,04 т/га в 2020 г.)¹.

Интерес к землянике садовой у производителей обусловлен высокой рентабельностью, адаптивностью культуры к различным условиям произрастания, отзывчивостью на

интенсификацию производства, степенью развития технологий возделывания и темпами создания новых сортов [1]. Земляника является диетическим продуктом питания, ее плоды обладают высокойнутрицевтической ценностью, широко используются как в свежем виде, так и в различных продуктах переработки [2].

Селекционные программы по землянике изначально были ориентированы на создание сортов, отличающихся высокой адаптивностью к различным почвенно-климатическим условиям произрастания, повышение их урожайности и устойчивости к болезням^{2,3} [1, 3].

¹FAO. FAOSTAT – Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (дата обращения 11 апреля 2022 г.).

²Зубов А.А. Генетические особенности и селекция земляники: метод. указания. Мичуринск: ВНИИГ и СПР им. И.В. Мичурина, 1990. 81 с.

³Зубов А.А., Попова И.В. Селекция земляники. // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общей ред. Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК, 1995. С. 387–416.

Цель исследований – обобщить современные сведения, опубликованные в отечественной и зарубежной литературе, об основных признаках качества плодов земляники садовой (крупноплодность, твердость плодов, содержание витамина С и антоцианов), их наследовании и источниках для селекции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

При проведении исследований применен метод анализа современных литературных источников, опубликованных российскими и зарубежными учеными по вопросам селекции земляники садовой на повышение качества плодов, особенностям наследования этих признаков и выявления новых источников для селекции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С развитием технологий выращивания, логистических систем, а также расширением знаний о пищевой и лечебной ценности культуры большое значение в селекционных программах в настоящее время уделяется вопросам создания сортов с высоким качеством плодов [4]. Качественные характеристики плодов земляники садовой различаются по группам: товарные, потребительские, биохимические, физико-механические, технологические⁴. Требования к свежим плодам земляники включают характеристики внешнего вида, вкуса и запаха, окраски, зрелости, размера по наибольшему поперечному диаметру, содержания токсичных элементов и пестицидов⁵. Размер плодов у земляники относится как к потребительским, так и к товарным и технологическим характеристикам. Признак крупноплодности тесно и положительно коррелирует с продуктивностью растения [5], определяет сортность товарной продукции, и, в

конечном итоге, влияет на рентабельность производства. При выращивании земляники садовой для потребления в свежем виде предпочтение отдается крупноплодным сортам [5]. В большинстве зон ягодоводства России к крупноплодным относят сорта со средней массой ягоды 9–12 г и более [6, 7]. Для южного региона этот критерий находится в пределах от 20 г и более [5]. Из публикаций зарубежных исследователей следует, что к крупноплодным также относят сорта со средней массой плода свыше 20 г [1, 8].

Привлечение крупноплодных сортов в селекционный процесс – наиболее часто применяемый способ повышения продуктивности у земляники. Установлено, что для повышения уровня признака эффективно скрещивание крупноплодных сортов между собой [5].

Следующие современные зарубежные сорта земляники, имеющие коммерческое значение, характеризуются высокой крупноплодностью: Clery (24,5–30,98 г), Florence (14,7–17,9) [9], НФ 311(Alba) (19,7), НФ205 (Roxana) (18,2), Vima Xima (11,0–14,5), Vima Tarda (14,3), Vima Kimberly (15,9) [7, 9], Maya (15,7–18,1), San Andreas (21,1 г) [9].

Среди отечественных сортов высокая степень проявления признака крупноплодности отмечена у сортов Таира (16,0 г), Нелли (13,5–15,9), Кемия (15,7), Элегия (15,0) [10], Альфа (16–17), Берегиня (9–12), Царица (16–20)⁶ [10]; Крымчанка 87 (13,5), Аросса (10,6), Заря (11,1), Крымская ранняя (11–15), Юниол (10,5–12,5), Янтарная (15,6 г) [11]. Наследование такого признака, как размер плодов, у земляники садовой происходит по типу количественных признаков с доминированием мелкоплодия [5]. Вместе с тем, учитывая, что первые промышленные сорта земляники обладали средней массой плодов от 6 до 10 г, а современные сорта – от 16 до 20 г⁷, можно сделать вывод о том, что селек-

⁴Шокаева Д.Б., Зубов А.А. Земляника, клубника, земклуника // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общей ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 417–443.

⁵ГОСТ 6828–89 Земляника свежая. Требования при заготовках, поставках и реализации / URL: <http://www.gostedu.ru/11092.html>. (дата обращения 12 апреля 2022 г.).

⁶Андропова Н.В. Сорта земляники садовой для промышленного возделывания / Аграрная наука – сельскому хозяйству: Сб. материалов XIII Международной научно-практической конференции: в 2 кн. 2018. кн.1. С. 214–216.

⁷URL: <https://reestr.gossortrf.ru/> (дата обращения 12 апреля 2022 г.).

ция на повышение крупноплодности имеет положительную динамику.

Большое значение для сохранения товарного вида продукции, транспортировки ее на длительные расстояния имеет твердость плодов земляники [1, 5].

«Твердость» – термин, характеризующий структурно-механические свойства плодов. Твердость плодов соотносится с понятием прочности плодов, выражается в единицах – кг/см². Однако существующая разница в способах определения указанных свойств (твердость – свойство тела препятствовать проникновению в него другого, более твердого тела; механическая прочность – свойство тела сопротивляться разрушению (разделению на части), а также необратимому изменению формы (пластической деформации) под действием внешних нагрузок) свидетельствует о необходимости четкого выбора используемого термина. В большинстве научных публикаций отечественных исследователей понятие, обозначающее твердость или прочность плодов, заменяется термином «плотность» [5, 9]. Признак твердости плодов относится к технологическим характеристикам, однако от него зависит и внешний вид плодов при сборе и транспортировке, что, в конечном счете, обуславливает товарный вид. На состояние твердости и прочности плодов земляники влияют многие факторы, включая генетические особенности сорта, условия выращивания, степень зрелости [12]. Важно при определении биометрических показателей основываться на максимально точных данных. В случае определения прочности (методом усилия раздавливания до выступления капли сока) трудно соблюсти фиксированную площадь воздействия на плод земляники. В связи с этим использование пенетрометра со штуцером заданной площади представляется наиболее оптимальным.

По существующим критериям оценки отечественных сортов земляники садовой для промышленного производства в услови-

ях Нечерноземной зоны прочность плодов (усилие раздавливания) должна составлять не менее 10,0 Н; прочность мякоти ягоды в Центрально-Черноземной зоне и южных регионах – 380 г и выше⁸ [6, 7].

Из сортимента земляники садовой прочностью плодов (9,8 Н и более) в условиях юга Нечерноземной зоны обладают сорта: Царица, Сюрприз олимпиаде, Induka, Рубиновый кулон и Фейерверк [13], Clery, Darselect, Tenira, Seleкта, Polka, Irma, Акварель [14]. В наших исследованиях в условиях Нечерноземной зоны наибольшая твердость плодов отмечена у сорта Нелли (10,758 Н), высокий уровень признака проявили сорта Alba, Asia, Syria (8,895–9,316 Н). К сортам с высокой прочностью мякоти плодов в условиях Краснодарского края относятся: Clery, Syria, Onda, Vivaldi, Нелли, Alba, Алина (более 400 г) [15].

Согласно литературным данным, на наследование признака прочности мякоти ягоды преобладающее влияние оказывают неаддитивные генетические взаимодействия. Вместе с тем встречаются и факты проявления аддитивного суммирующего эффекта в комбинациях скрещивания, когда отдельные сорта проявляют свой донорский потенциал [16]. По сообщению Н.В. Андроновой и Т.А. Тумаевой, при изучении наследования прочности плодов у гибридов земляники садовой выявлена широкая амплитуда варьирования признака, а также значительная его изменчивость в пределах комбинаций скрещиваний и популяций от свободного опыления. Установлено промежуточное наследование признака прочности плодов с уклоном в сторону хорошего родителя [14]. Таким образом, для повышения уровня твердости плодов у земляники садовой наибольший эффект может быть достигнут при использовании в селекции исходных форм с подтвержденными донорскими свойствами по данному признаку.

Плоды земляники характеризуются уникальным составом биологически активных

⁸Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 г. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2013. 202 с.

соединений, определяющих пищевую ценность культуры как источника диетического и лечебно-профилактического питания [1–3]. Интерес к здоровому образу жизни и постоянно растущая база знаний о пищевой ценности плодов земляники повышает значение селекции культуры на богатый биохимический состав. Результаты отечественных и зарубежных исследований свидетельствуют о высоком антиоксидантном потенциале земляники, который обусловлен повышенным накоплением в ее плодах витаминов, антоцианов, эллаговой, аскорбиновой, фолиевой кислот и других биоактивных соединений [1, 2].

Биохимический состав плодов земляники в целом по культуре достаточно изучен, однако особенности накопления ценных питательных веществ конкретными сортами зависит как от их генотипа, так и от условий выращивания. Значительный интерес для селекции на содержание витамина С, антоцианов и других групп соединений представляют сорта, обладающие высокой степенью проявления признака. По сообщениям российских исследователей, наибольшим содержанием аскорбиновой кислоты в плодах характеризуются отечественные сорта Альфа (85,6 мг%), Кокинская заря (83,0), Царица (77,3), Соловушка (74,3)⁹, Памяти Зубова (92,7), Привлекательная (88,7) [7]; Ассоль (85,4), Багряна (84,0), Крымчанка 87 (83,4), Зарина (79,9), Презент (79,9), Айдарина (77,6), Атлантида (76,1), Янтарная (74,2 мг%) [17], а также сорта зарубежной селекции Vima Tarda (73,1 мг%) [17], Flora (65,0–68,0), Red Gaultlet (60,0–62,0 мг%) [7]. Высоким содержанием антоцианов характеризуются российские сорта Соловушка (80,0 мг%), Альфа (75,0), Кокинская заря (75,0), Царица (70,0), Фейерверк (112,2–119,8), Привлекательная (87,6–115,2), Памяти Зубова (96,9–110,7), Кемия (80,0), Нелли (79,7), Гера (78,5 мг%), сорт зарубежной селекции Flora (67,0–78,4 мг%) [7]. Зарубежные ученые по содержанию антоциана

в плодах земляники выделяют сорта Albion [18], Romina [19].

Последние исследования свидетельствуют о преимущественной роли генотипа в накоплении антиоксидантов в плодах земляники садовой, а также о существенном влиянии условий выращивания (температурный и световой режимы, нагрузка урожаем, сроки съема плодов) на реализацию генетического потенциала сортов [20]. Исследований по типу наследования биохимического состава плодов у земляники садовой недостаточно, что вызвано как большим спектром изучаемых веществ, так и невозможностью на современном этапе вести селекцию на данном ограниченном направлении. При этом изучениенутрицевтического значения плодов земляники продолжается. Считается, что наследование генов, отвечающих за выработку ценных соединений, происходит по количественному типу. В настоящее время для селекции на улучшение биохимического состава плодов применяется метод включения в скрещивания сортов с повышенным содержанием комплекса ценных веществ, т.е. источников и доноров по селектируемому признаку. Положительные результаты по улучшению биохимического состава плодов земляники получены зарубежными учеными при использовании трех поколений обратных скрещиваний (BC1, BC2, BC3) от F_1 *Fragaria* × *ananassa* (*Fxa*) × *F. virginiana glauca* (*FVG*) [4].

ВЫВОДЫ

1. Улучшение качества плодов земляники – одна из приоритетных задач селекционных программ во всем мире в связи с развитием технологий возделывания и расширением знаний онутрицевтической ценности культуры.

2. Достигнутые результаты свидетельствуют о положительной динамике селекции на повышение уровня признаков качественных показателей плодов земляники садовой.

⁹ Айтжанова С.Д., Андропова Н.В. Качество ягод сортов земляники садовой селекции ВСТИСП Кокинского опорного пункта // Современные сорта и технологии для интенсивных садов. Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 275-летию Андрея Тимофеевича Болотова. 2013. С. 11–13.

3. Для повышения уровня признаков качества плодов наибольший эффект может быть достигнут при использовании в селекции исходных форм с высоким уровнем проявления данных признаков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mezzetti B., Giampieri F., Zhang Y., Zhong C. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world // *Journal of Berry Research*. 2018. N 8. P. 205–211. DOI:10.3233/JBR-180314.
2. Акимов М.Ю., Лукьянчук И.В., Жбанова Е.В., Лыжин А.С. Плоды земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) как ценный источник пищевых и биологически активных веществ (обзор) // *Химия растительного сырья*. 2020. № 1. С. 5–18. DOI: 10.14258/jcpm.2020015511.
3. Mazzoni L., Di Vittori L., Balducci F., Forbes-Hernández T.Y., Giampieri F., Battino M., Mezzetti B., Capocasa F. Sensorial and nutritional quality of inter and intra-Specific strawberry genotypes selected in resilient conditions // *Scientia Horticulturae*. 2020. Vol. 261. pp.1–6. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108945.
4. Mazzoni L., Balducci F., Marcellini M., Pergolotti V., Capocasa F., Mezzetti B. Evaluation of strawberry nutritional quality // *Acta Hort.* 2021. № 1311. P. 47–54. DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1311.6.
5. Яковенко В.В., Лапшин В.И. Результаты оценки продуктивности и качества плодов земляники в условиях Прикубанской зоны Краснодарского края // *Садоводство и виноградарство*. 2019. № 2. С. 40–45. DOI: 10.31676/0135-2591-2019-2-40-45.
6. Куликов И.М., Айтжанова С.Д., Андропова Н.В., Борисова А.А., Тумаева Т.А. Модель промышленного сорта земляники для условий средней полосы России // *Садоводство и виноградарство*. 2020. № 3, С. 5–10. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-3-5-10.
7. Козлова И.И., Лукьянчук И.В., Жбанова Е.В. Сортимент и технология производства высококачественных ягод земляники садовой // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № 2. С. 45–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10211.
8. Behmen F., Drkenda P., Terzić A., Delic M., Music O. Pomological evaluation of 'Clery' strawberry cultivar // *Poljoprivedno-Prehrambenog Fakulteta Univerziteteta u Sarajevu*. 2020. Vol LXV, N 70. P. 9–18.
9. Козлова И.И. Перспективный исходный селекционный материал интродуцированных сортов земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.) // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2021. Т. 64. С. 9–16. DOI: 10.31676/2073-4948-2021-64-9-16.
10. Ушак Л.С. Межсортовая изменчивость земляники по ряду признаков товарного качества // *Научные труды СКФНЦСВВ*. 2021. Т. 33. С. 33–36. DOI: 10.30679/2587-9847-2021-33-33-36.
11. Арифова З.И. Подбор исходного материала земляники садовой по комплексу признаков для селекционного процесса // *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2019. № 131. С. 85–88. DOI: 10.25684/NBG.boolt.131.2019.11.
12. Cocco C., Magnani S., Maltoni M.L., Quacquarelli I., Cacchi M., Antunes L.E.C., D'Antuono L.F., W. Faedi and Baruzzi G. Effects of site and genotype on strawberry fruits quality traits and bioactive compounds // *Journal of Berry Research*. 2015. N 5. P. 145–155. DOI: 10.3233/JBR-150098.
13. Айтжанова С.Д., Андропова Н.В. Поиск и создание нового исходного материала земляники садовой для приоритетных направлений селекции // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2017. Т. 48. №. 2. С. 13–17.
14. Андропова Н.В., Тумаева Т.А. Селекционная оценка сортов и форм земляники садовой по прочности плодов // *Садоводство и виноградарство*. 2021. № 2. С. 5–12. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-2-5-12.
15. Яковенко В.В., Лапшин В.И., Ушак Л.С. Результаты оценки новых сортов земляники на пригодность к промышленному выращиванию в Краснодарском крае // *Научный журнал КубГАУ*. 2021. № 167(03). С. 1–10. <http://ej.kubagro.ru/2021/03/pdf/17.pdf>.
16. Лапшин В.И., Яковенко В.В. Анализ наследования плотности мякоти ягоды у ряда сортов земляники // *Аграрная наука*. 2020. № 4. С.72–74. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-337-4-72-74.
17. Арифова З.И., Смыков А.В. Взаимосвязь химического состава и вкусовых качеств ягод земляники // *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2021. № 140. С. 52–59. DOI: 10.36305/0513-1634-2021-140-52-59.
18. Vandendriessche T., Vermeir S., Mayayo Martinez C., Hendrickx Y., Lammertyn J., Nico-

- laï B.M., Hertog M.L.A.T.M. Effect of ripening and inter-cultivar differences on strawberry quality // *LWT - Food Science and Technology*. 2013. Vol. 52, Is. 2. P. 62–70. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2011.12.037>
19. Navarro-Hortal M.D., Romero-M'arquez J.M., Esteban-Muñoz A., S'anchez-Gonz'alez C., Rivas-García L., Llopis J., Cianciosi D., Giampieri F., Sumalla-Cano S., Battino M., Quiles J.L. Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* cv. Romina) methanolic extract attenuates Alzheimer's beta amyloid production and oxidative stress by SKN-1/NRF and DAF-16/FOXO mediated mechanisms in *C. elegans* // *Food Chemistry*. 2022. Vol. 372. P. 131272. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131272.
 20. Sarıdaş M.A., Ağçam E., Akbaş F.C., Akyıldız A., Kargı S.P. Comparison of superior bred strawberry genotypes with popular cultivars in terms of fruit bioactive compounds during the wide harvest dates // *South African Journal of Botany*. 2022. № 147. P. 142–152. DOI: 10.1016/j.sajb.2022.01.010.
- ## REFERENCES
1. Mezzetti B., Giampieri F., Zhang Y., Zhong C. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. *Journal of Berry Research*, 2018, no. 8, pp. 205–211. DOI:10.3233/JBR-180314.
 2. Akimov M.YU., Luk'yanchuk I.V., Zhananova E.V., Lyzhin A.S. Strawberry fruit (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) as a valuable source of nutritional and biologically active substances (review). *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja* = Chemistry of plant raw material, 2020, no. 1, pp. 5–18. (In Russian). DOI: 10.14258/jcprm.2020015511.
 3. Mazzoni L., Di Vittori L., Balducci F., Forbes-Hernández T.Y., Giampieri F., Battino M., Mezzetti B., Capocasa F. Sensorial and nutritional quality of inter and intra-Specific strawberry genotypes selected in resilient conditions. *Scientia Horticulturae*, 2020, vol. 261, pp. 1–6. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108945.
 4. Mazzoni L., Balducci F., Marcellini M., Pergolotti V., Capocasa F., Mezzetti B. Evaluation of strawberry nutritional quality. *Acta Horti*, 2021, no. 1311, pp. 47–54. DOI: 10.17660/ActaHorti.2021.1311.6.
 5. Yakovenko V.V., Lapshin V.I. Estimation results of strawberry productivity and fruit quality under the conditions of the Kuban zone of Krasnodar territory. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Horticulture & viticulture*, 2019, no. 2, pp.40–45. (In Russian). DOI:10.31676/0235-2591-2019-2-40-45.
 6. Kulikov I.M., Ajtzhanova S.D., Andronova N.V., Borisova A.A., Tumaeva T.A. A model of a commercial strawberry variety for the conditions of central Russia. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Horticulture & viticulture*, 2020, no. 3, pp. 5–10. (In Russian). DOI: 10.31676/0235-2591-2020-3-5-10.
 7. Kozlova I.I., Luk'yanchuk I.V., Zhananova E.V. Assortment and production technology of high-quality strawberry. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 2, pp. 45–49. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10211.
 8. Behmen F., Drkenda P., Terzić A., Delic M., Music O. Pomological evaluation of 'Clery' strawberry cultivar. *Poljoprivedno-Prehrambenog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, 2020, Vol. LXV, no. 70. pp. 9–18.
 9. Kozlova I.I. The introduced strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) varieties as a promising breeding material. *Plodovodstvo i âgodovodstvo Rossii = Pomiculture & Small fruits culture in Russia*, 2021, vol. 64, pp. 9–16. (In Russian). DOI: 10.31676/2073-4948-2021-64-9-16.
 10. Ushak L.S. Intervarietal variability of strawberries on a number of traits of commercial quality of berries. *Nauchnye trudy SKFNTsSVV = Scientific works of the NCFSSHVV*, 2021, vol. 33, pp. 33–36. (In Russian). DOI: 10.30679/2587-9847-2021-33-33-36.
 11. Arifova Z.I. Selection of initial material of strawberry on a complex of traits for the breeding process. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada = Bulletin SNBG*, 2019, no. 131, pp. 85–88. (In Russian). DOI: 10.25684/NBG.boolt.131.2019.11.
 12. Cocco C., Magnani S., Maltoni M. L., Quacquarelli I., Cacchi M., Antunes L.E.C., D'Antuono L.F., Faedi W., Baruzzi G. Effects of site and genotype on strawberry fruits quality traits and bioactive compounds. *Journal of Berry Research*, 2015, no. 5, pp. 145–155. DOI:10.3233/JBR-150098/
 13. Aitzhanova S.D., Andronova N.V. Search and creation of source material of garden strawberry for the priority directions of breeding. *Plodovodstvo i âgodovodstvo Rossii = Pomiculture &*

- Small fruits culture in Russia*, 2017, vol. 48, no. 2, pp. 13–17. (In Russian).
14. Andronova N.V., Tumaeva T.A. Plant variety assessment of garden strawberry based on fruit strength. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Horticulture & viticulture*, 2021, no. 2, pp. 5–12. (In Russian). DOI: 10.31676/0235-2591-2021-2-5-12.
 15. Yakovenko V.V., Lapshin V.I., Ushak L.S. The results of the estimation of new strawberry varieties for availability for industrial growing in Krasnodar Region. *Nauchnyj zhurnal KubGAU = Scientific Journal of the KubGAU*, 2021, no. 167 (03), pp. 1–10. (In Russian). DOI: 10.21515/1990-4665-167-017.
 16. Lapshin V.I., Yakovenko V.V. An analysis of the inheritance of the density of the pulp of a berry in a number of varieties of strawberries. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2020, no. 4, pp. 72–74. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2020-337-4-72-74.
 17. Arifova Z.I., Smykov A.V. The relationship between the chemical; composition and taste of strawberry. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada = Bulletin SNBG*, 2021, no. 140, pp. 52–59. (In Russian). DOI: 10.36305/0513-1634-2021-140-52-59.
 18. Vandendriessche T., Vermeir S., Mayayo Martinez C., Hendrickx Y., Lammertyn J., Nicolaï B.M., Hertog M.L.A.T.M. Effect of ripening and inter-cultivar differences on strawberry quality. *LWT - Food Science and Technology*, 2013, vol. 52, no. 2, pp. 62–70. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.12.037.
 19. Navarro-Hortal M.D., Romero-M'arquez J.M., Esteban-Muñoz A., S'anchez-González C., Rivas-García L., Llopis J., Cianciosi D., Giampieri F., Sumalla-Cano S., Battino M., Quiles J.L. Strawberry (*Fragaria × ananassa* cv. Romina) methanolic extract attenuates Alzheimer's beta amyloid production and oxidative stress by SKN-1/NRF and DAF-16/FOXO mediated mechanisms in *C. elegans*. *Food Chemistry*, 2022, vol. 372, pp. 131272. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131272.
 20. Sarıdaş M.A., Ağçam E., Akbaş F.C., Akyıldız A., Kargı S.P. Comparison of superior bred strawberry genotypes with popular cultivars in terms of fruit bioactive compounds during the wide harvest dates. *South African Journal of Botany*, 2022, no. 147, pp. 142–152. DOI: 10.1016/j.sajb.2022.01.010.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Марченко Л.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 115598, г. Москва, пос. Загорье, д. 2, кв. 5; e-mail: Lamarch@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Liudmila A. Marchenko**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** apt. 5, 2, Zagorye vil., Moscow, 115598, Russia; e-mail: Lamarch@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 14.04.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 29.07.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022



ФАЗОВАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ШИРОКОЛИСТНЫХ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ К ГЕРБИЦИДУ ФЛЕКС

Мороховец Т.В., ✉ Мороховец В.Н., Маркова Е.С., Басай З.В., Вострикова С.С., Скорик Н.С.

Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки

Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия

✉ e-mail: dalniizr@mail.ru

Изучено действие гербицида Флекс, ВР (действующее вещество фомесафен 250 г/л) на распространенные в посевах сои однолетние виды сорных растений. Исследования проведены в условиях вегетационного домика в 2019–2021 гг. Определена чувствительность амброзии полыннолистной *Ambrosia artemisiifolia* L., акалифы южной *Acalypha australis* L., мари белой *Chenopodium album* L., коммелины обыкновенной *Commelina communis* L., канатника Теофраста *Abutilon theophrasti* Medik., гибискуса тройчатого *Hibiscus trionum* L., сигезбекии пушистой *Sigesbeckia pubescens* Makino, щирицы запрокинутой *Amaranthus retroflexus* L., эльсгольции ложногребенчатой *Elsholtzia pseudocristata* Levl. et Vaniot и дурнишника сибирского *Xanthium sibiricum* Patr. ex Widd. Обработку сорняков препаратом Флекс в нормах расхода 0,75; 1,0; 1,25 и 1,5 л/га проводили трижды за сезон в разные фазы роста и развития растений. Об уровне чувствительности сорных видов к гербициду судили по снижению высоты и массы надземных органов опытных растений в сравнении с контролем. Установлено, что гербицид Флекс полностью уничтожает растения всех испытанных видов, находящихся на ранних стадиях роста и развития (1–4 настоящих листа). При обработке сорняков, сформировавших 3–10 листьев, высокую чувствительность к действию препарата (снижение надземной массы до 94–100%) сохраняют амброзия полыннолистная, щирица запрокинутая, акалифа южная, гибискус тройчатый и дурнишник сибирский. Применение Флекса по переросшим растениям приводит к значительному снижению его активности в отношении всех изученных сорных видов. При использовании в третий срок гербицид эффективно действует только на щирицу запрокинутую, подавляя массу растений на 76–86%.

Ключевые слова: гербицид, сорняк, вид, фаза роста и развития, чувствительность

PHASE SENSITIVITY OF SOME BROAD-LEAVED WEED SPECIES TO THE HERBICIDE FLEX

Morokhovets T.V., ✉ Morokhovets V.N., Markova E.S., Basai Z.V., Vostrikova S.S., Skorik N.S.

The Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki

Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

✉ e-mail: dalniizr@mail.ru

The effect of herbicide Flex, AS (active ingredient fomesafen 250 g/l) on annual weed species common in soybean crops was studied. The studies were conducted under greenhouse conditions in 2019–2021. The sensitivity of ragweed *Ambrosia artemisiifolia* L., Asian copper leaf *Acalypha australis* L., common lamb's quarters *Chenopodium album* L., common dayflower *Commelina communis* L., China jute *Abutilon theophrasti* Medik., trailing hollyhock *Hibiscus trionum* L., St.-Paul's-wort *Sigesbeckia pubescens* Makino, green amaranth *Amaranthus retroflexus* L., elsholtzia *Elsholt-*

zia pseudocristata Levl. et Vaniot, and Siberian cocklebur *Xanthium sibiricum* Patr. ex Widd was determined. Weed treatment with Flex at rates of 0.75, 1.0, 1.25 and 1.5 l/ha was carried out three times a season at different stages of plant growth and development. The level of sensitivity of weed species to herbicide was judged by the decrease in height and weight of the aboveground organs of the experimental plants compared to the control. It was found that Flex herbicide completely destroys plants of all tested species in the early stages of growth and development (1-4 true leaves). When treating weeds that have formed 3-10 leaves, ragweed, green amaranth, Asian copper leaf, trailing hollyhock and Siberian cocklebur remain highly sensitive to the drug action (reduction of the aboveground weight up to 94-100%). Application of Flex on overgrown plants leads to a significant decrease in its activity against all studied weed species. When used in the third term, the herbicide is effective only on the green amaranth, suppressing the mass of the plants by 76-86%.

Keywords: herbicide, weed, species, growth and development phase, sensitivity

Для цитирования: Мороховец Т.В., Мороховец В.Н., Маркова Е.С., Басай З.В., Вострикова С.С., Скорик Н.С. Фазовая чувствительность некоторых видов широколистных сорных растений к гербициду Флекс // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 32–41. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-4>

For citation: Morokhovets T.V., Morokhovets V.N., Markova E.S., Basai Z.V., Vostrikova S.S., Skorik N.S. Phase sensitivity of some broad-leaved weed species to the herbicide Flex. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 32–41. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Соя – одна из ключевых культур мирового сельского хозяйства. Использование сои в современном российском земледелии как сельскохозяйственной культуры с высоким содержанием белка позволяет решить проблему его дефицита для человека, животных и обеспечить стратегическим сырьем промышленность и медицину¹. Семена сои содержат 16–20% растительного масла и 37–42% белка, имеющего в своем составе незаменимые аминокислоты [1].

Дальневосточный Федеральный округ (ДФО) является традиционной зоной выращивания сои в России, что связано с оптимальными для культуры агроклиматическими условиями региона [2]. По данным Росстата, посевная площадь сои в 2021 г. в России составила 3,068 млн га, в ДФО – почти 1,2 млн га; средняя урожайность по России – 15,9 ц/га убранной площади, в ДФО – 14,8 ц/га, в Приморском крае – 14,0 ц/га².

Учитывая необходимость восстановления рационального и эффективного использования пашни, к 2024 г. намечено увеличить валовое производство сои на Дальнем Востоке до 3 млн т [3].

Для получения высоких и стабильных урожаев выращиваемых культур необходимо проведение эффективных мероприятий по борьбе с болезнями, вредителями растений и сорняками. Потери урожая сои, вызванные сорными растениями, варьируют от 25 до 80% в зависимости от сортовых особенностей культуры, видового разнообразия и численности сорняков, густоты и длительности засорения посевов, а также условий окружающей среды [4–6]. На ранних этапах онтогенеза соя отличается слабой конкурентной способностью из-за своего относительно медленного роста. Поэтому даже низкая засоренность приводит к существенным потерям урожая, а средняя и высокая – сокращают продуктивность культуры в 3–5 раз [7, 8].

¹Инновационные взгляды на современную технологию возделывания сои в Курской области. Практическое руководство / Министерство науки и высшего образования РФ, ФБГНУ «Курский Федеральный аграрный научный центр». Курск, 2019. 43 с.

²Бюллетень «Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2021 г.» (Ч. 2). URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения 2022-03-28).

Видовой состав сорных растений, их численность, распространение в агроценозах находятся в постоянной динамике, определяемой климатическими изменениями, и непосредственно зависят от погодных условий вегетационного сезона, а также от особенностей технологий возделывания сельскохозяйственных культур. В ходе мониторинга соевых агроценозов Приморского края, проведенных сотрудниками Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений (ДВНИИЗР) с 2016 по 2020 г., выявлено 108 видов сорных растений, относящихся к 31 ботаническому семейству. Из них двудольные сорняки значительно превосходят по численности однодольные – 89 (54 малолетних и 35 многолетних) видов против 19 (10 малолетних и 9 многолетних)³ [9]. Среди двудольных малолетников максимальная за 10 лет средняя частота встречаемости в посевах сои (84–99%) была характерна для акалифы южной *Acalypha australis* L., амброзии полыннолистной *Ambrosia artemisiifolia* L. и мари белой *Chenopodium album* L. Канатник Теофраста *Abutilon theophrasti* Medik., гибискус тройчатый *Hibiscus trionum* L., сизгубекия пушистая *Sigesbeckia pubescens* Makino выявлены на 35–54% обследованных посевов. Для щирицы запрокинутой *Amaranthus retroflexus* L., эльсгольции ложногребенчатой *Elsholtzia pseudocrisitata* Levl. et Vaniot, дурнишника сибирского *Xanthium sibiricum* Patr. ex Widd этот показатель составил 12–25%. Частота встречаемости однодольного малолетнего сорняка коммелины обыкновенной *Commelina communis* L. в среднем равнялась 56%.

В течение 2010–2020 гг. средняя густота стояния акалифы южной в посевах сои достигла 71,8 шт./м², мари белой – 20,1, амброзии полыннолистной – 17,8, щирицы запрокинутой – 3,3, коммелины обыкновенной – 2,4, гибискуса тройчатого и сизгубекии пуши-

стой – 1,3, канатника Теофраста – 1,2 шт./м². Дурнишник сибирский и эльсгольция ложногребенчатая в среднем за 10 лет отмечены в количестве не более одного растения на 1 м² посева сои.

Биологический порог вредоносности⁴ однолетних двудольных сорняков в посевах сои составляет 2–6 шт./м². По нашим данным, средняя общая засоренность сои в контрольных вариантах на опытных полях ДВНИИЗР в 2016–2020 гг. колебалась от 178 до 640 шт./м², сырая надземная масса сорняков составляла 2125–4797 г/м², потери урожая сои в зависимости от уровня засоренности достигали 0,36–1,83 т/га (29–96% от урожайности в вариантах с ручной прополкой) [10]. В 2021 г. в опытных посевах сои густота стояния всех сорных растений в вариантах без применения гербицидов в среднем составила 1132 шт./м², их сырая надземная масса – 2656 г/м². Доля злаковых однолетних видов достигла 73% от общего количества сорняков, двудольных однолетних и коммелины обыкновенной – 22%, многолетних двудольных видов – 5%, что привело к снижению урожайности сои на 44% (0,68 т семян/га).

Наиболее эффективным приемом снижения негативного действия вредных организмов на культурные растения остается использование химических средств защиты при условии выполнения основных агротехнических мероприятий. При реализации химического метода необходимо до минимума сокращать экологические риски, исключать токсическое действие пестицидов на защищаемые культуры и нецелевые объекты [11, 12]. Перечень химических и биологических препаратов постоянно обновляется, выходят на рынок новые средства защиты растений, требующие всестороннего изучения в почвенно-климатических условиях региона, для последующего регламентирования их

³Вострикова С.С., Мороховец В.Н., Мороховец Т.В., Басай З.В., Штерболова Т.В. Динамика сорного компонента соевых агроценозов Приморского края // Научное обеспечение производства сои: проблемы и перспективы: Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию образования Всероссийского НИИ сои. Благовещенск 18 апреля 2018 г. / ФБГНУ ВНИИ сои. Благовещенск: ООО «ИПК «ОДЕОН», 2018. С. 131–140.

⁴Биологические (экономические) пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур. Справочник. Прилуки, 2018. 27 с.

эффективного и безопасного использования в сельскохозяйственном производстве.

В настоящее время на территории РФ к применению в посевах сои разрешены 227 гербицидов на основе 34 действующих веществ (д.в.)⁵. В феврале 2021 г. в РФ зарегистрирован селективный послевсходовый гербицид Флекс, ВР (д. в. фомесафен 250 г/л), предназначенный для контроля широкого спектра однолетних двудольных сорняков в посевах сои, всестороннее изучение которого начато на Дальнем Востоке, в Краснодарском крае, Ленинградской, Тамбовской и Астраханской областях⁶ [13–16]. Эффективность селективных гербицидов в значительной степени зависит от видового состава сорного компонента защищаемого агроценоза и стадии развития контролируемых сорняков во время обработки [17].

Цель исследования – изучить видовую и фазовую чувствительность к гербициду Флекс однолетних широколистных сорных растений, распространенных в посевах сои юга Дальнего Востока.

Задача исследования – определить уровень гербицидной активности препарата Флекс в отношении однолетних видов сорных растений, находящихся на разных стадиях роста и развития.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальная работа проведена в 2019–2021 гг. на опытной базе ДВНИИЗР в условиях вегетационного домика, согласно общепринятой методике⁷. Латинские и русские названия сорных видов приведены в соответствии с изданием «Сосудистые растения Советского Дальнего Востока» [18–20].

Сорняки выращивали в вегетационных сосудах объемом 500 см³ в смеси лугово-бурой оподзоленной почвы (по механическому составу – средняя глина с содержанием орга-

нического вещества (ГОСТ 2621–91) – 3,8%, подвижного фосфора и обменного калия (ГОСТ 54650–2011) – 16 и 120 мг/кг почвы соответственно, рН_{сол.} (ГОСТ 26483–85) – 5,3) и перепревшего компоста в соотношении 1 : 1, просеянной через сито с размером отверстий 5 мм. Полученный субстрат помещали в сосуды, уплотняли, увлажняли и равномерно распределяли на его поверхности семена сорняков в количестве, достаточном для получения 10–15 растений, засыпали почвенно-компостной смесью слоем около 1 см, утрамбовывали и производили полив.

До применения препарата по вегетирующим сорнякам в сосудах удаляли лишние растения, оставляя близкие по высоте и фазе развития экземпляры. Сорные растения тест-видов обрабатывали в три срока гербицидом Флекс, ВР в нормах 0,75; 1,0; 1,25 и 1,5 л/га с добавлением поверхностно-активного вещества (ПАВ) Тренд 90, Ж (д.в. этоксилат изодецилового спирта, 900 г/л) 0,2 л/га с помощью стационарного опрыскивателя ОП-5 конструкции Всероссийского НИИ фитопатологии. Повторность опыта 10-кратная. Данные о росте и развитии сорных растений перед обработками приведены в табл. 1.

Во время проведения экспериментов ежедневными поливами поддерживали влажность почвы в сосудах на оптимальном для растений уровне (60–70% от полной влагоемкости). Осуществляли регулярные наблюдения за ростом и развитием растений в контрольных и опытных (с применением гербицида) вариантах, фиксировали следующие симптомы токсического действия гербицида на исследуемые сорные виды: задержка роста и развития растения; изменение окраски листьев, деформация листовых пластинок, появление ожогов, некрозов; прочие изменения и отклонения от контрольного варианта без обработки.

⁵Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2022 г. М., 2022. 879 с.

⁶Мороховец В.Н., Мороховец Т.В., Штерболова Т.В., Басай З.В., Баймуханова А.А., Скорик Н.С. Оценка эффективности баковой смеси нового гербицида Флекс с грамининидом Фюзилад Форте в посевах сои // Аграрная наука: Специальный выпуск к Международной научно-практической конференции «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям», посвященной 100-летию монографии Н.И. Вавилова. 2019. Т. 2. С. 150–155. DOI:10.32634/0869-8155-2019-326-2-150-155.

⁷Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Шестаков В.Г. Методическое руководство по изучению гербицидов, применяемых в растениеводстве. М.: Печатный город, 2009. 252 с.

Табл. 1. Фазы развития и высота сорных растений до обработки гербицидом Флекс, 2019–2021 гг.
Table 1. Phases of development and height of weeds before treatment with Flex herbicide, 2019–2021

Вид сорного растения	Первый срок обработки		Второй срок обработки		Третий срок обработки	
	Фаза развития	Высота, см min–max (среднее по варианту)	Фаза развития	Высота, см min–max (среднее по варианту)	Фаза развития	Высота, см min–max (среднее по варианту)
Амброзия полыннолистная	1–2 пары листьев	2,0–5,0 (3,3)	3–4 пары листьев	5,5–13,0 (8,7)	9–11 листьев, начало бутонизации	11,0–25,5 (17,8)
Акалифа южная	1–2 листа	1,5–4,5 (3,1)	4–5 листьев, начало ветвления	6,5–15,5 (10,2)	6–7 листьев, ветвление	12,0–23,5 (18,8)
Марь белая	1–2 пары листьев	2,0–7,0 (4,6)	4–5 пар листьев, начало ветвления	8,0–21,0 (12,0)	10–14 листьев, ветвление, цветение	14,0–28,0 (20,0)
Коммелина обыкновенная	1–2 листа	1,5–4,5 (2,7)	3–5 листьев	6,0–12,5 (10,4)	6–7 листьев, начало ветвления	12,0–25,5 (20,5)
Канатник Теофраста	1–2 листа	3,5–7,5 (5,6)	3–4 листа	9,0–17,5 (13,1)	6–7 листьев, начало бутонизации	17,0–30,5 (23,6)
Гибискус тройчатый	1–2 листа	3,0–6,5 (4,8)	3–5 листьев	6,0–12,0 (9,2)	6–7 листьев, ветвление, цветение	13,5–29,5 (22,6)
Сигезбекия пушистая	1–2 пары листьев	1,0–3,5 (2,1)	2–3 пары листьев	3,5–10,0 (6,0)	3–4 пары листьев, начало ветвления	12,5–18,0 (15,6)
Щирица запрокинутая	1–2 листа	1,5–5,5 (3,8)	4–6 листьев	3,0–13,0 (8,1)	7–11 листьев, начало бутонизации	11,0–21,0 (15,4)
Эльсгольция ложногребенчатая	1–2 пары листьев	2–3,5 (2,6)	3–4 пары листьев, начало ветвления	7,0–11,5 (8,9)	4–5 пар листьев, ветвление	11,0–17,0 (14,0)
Дурнишник сибирский	1 пара листьев	3,5–8,0 (5,6)	2–3 пары листьев	6,0–17,5 (13,0)	3–4 пары листьев, начало бутонизации	24,0–35,0 (27,8)

Через 14–21 сут после обработки сорные растения срезали, измеряли их высоту и взвешивали сырую надземную биомассу. Об уровне токсичности гербицида для изучаемых сорных видов судили по снижению высоты и массы надземных органов опытных растений в сравнении с контролем. Для оценки гербицидной активности использовали адаптированную нами градацию уровней эффективности: снижение высоты и массы опытных растений на 91–100% – очень хорошее действие, 76–90% – хорошее, 51–75% – удовлетворительное и 0–50% – не действует/слабое действие.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Визуально заметные симптомы токсического действия препарата Флекс на исследуемые виды сорняков были отмечены уже через сутки после обработки. При применении гербицида в первый срок у амброзии полыннолистной, акалифы южной, канатника

Теофраста и дурнишника сибирского отмечена потеря растениями тургора, деформирование и отмирание верхней точки роста, засыхание листьев. У гибискуса тройчатого, щирицы запрокинутой и эльсгольции ложногребенчатой отмечено появление ожогов в виде светлых и бурых пятен на листовых пластинах, скручивание и увядание листьев, отмирание единичных верхних точек роста. Для мари белой, сигезбекии пушистой и эльсгольции ложногребенчатой угнетающее гербицидное действие выражалось в обширном хлорозе листьев и их увядании, некрозе стебля и гибели точек роста. На растениях коммелины обыкновенной зафиксировано появление локальных разноразмерных светлых пятен (ожогов) на листьях, повреждение (засыхание) верхней точки роста. Следует отметить, что интенсивность повреждений сорняков гербицидом была очень высокой, до 90–100%, и в вариантах от минимальной до максимальной норм расхода отличалась

незначительно. Уже через 5 сут после обработки была зафиксирована стопроцентная гибель всех опытных растений исследуемых видов, что полностью согласуется с ранее полученными нами экспериментальными данными [10]. Установлено, что наиболее распространенные и/или вредоносные двудольные однолетние сорные растения, типичные для агроценозов Приморского края, на ранних стадиях роста и развития обладают исключительно высокой чувствительностью к гербициду Флекс.

После обработки во второй срок эффективно гербициды действовали на амброзию полыннолиственную, щирицу запрокинутую, акалифу южную, гибискус тройчатый, дурнишник сибирский, эльсгольцию ложногребенчатую и канатник Теофраста. Растения увядали, отмечено скручивание и усыхание листьев, деформирование и отмирание точек роста, образование многочисленных ожогов в виде светлых и бурых пятен на листовых пластинках. У мари белой и сизобекки пушистой токсическое действие препарата выражалось в хлорозе и увядании верхних листьев, деформации точки роста; у коммелины обыкновенной – в образовании разрозненных пятен на листовых пластинках, засыхании и отмирании зачатков листьев в

верхних точках роста, в отставании в росте опытных растений от контрольных экземпляров (без обработки).

После применения гербицида Флекс в третий срок у исследуемых сорных видов наблюдали те же признаки угнетения, что и при обработке во второй срок, но выражены они были намного слабее. У растений щирицы запрокинутой и гибискуса тройчатого отмечено лишь скручивание и увядание верхних и некоторых боковых листьев, незначительные повреждения (деформация) точек роста. У амброзии полыннолиственной, акалифы южной наблюдали наличие светлых и бурых пятен на листовых пластинках, скручивание и засыхание листьев в верхней точке роста; у канатника Теофраста, сизобекки пушистой, мари белой, эльсгольции ложногребенчатой, дурнишника сибирского и коммелины обыкновенной – скручивание и увядание верхних листьев.

Высокую гербицидную активность во второй срок обработки во всех испытанных нормах препарат Флекс проявил по отношению к амброзии полыннолиственной, щирице запрокинутой, акалифе южной и гибискусу тройчатому, снижая биомассу растений на 93–100% и их высоту на 84–100% (см. табл. 2, 3). Дурнишник сибирский, эль-

Табл. 2. Снижение надземной массы сорных растений при обработке гербицидом Флекс, % к контролю (среднее за 2019–2021 гг.)

Table 2. Reduction of the aboveground mass of weeds when treated with Flex herbicide, % to the control (average for 2019–2021)

Вид сорного растения	Срок обработки											
	первый				второй				третий			
	Норма расхода препарата, л/га											
	0,75	1,0	1,25	1,5	0,75	1,0	1,25	1,5	0,75	1,0	1,25	1,5
Щирица запрокинутая	100	100	100	100	99	100	100	100	76	78	79	86
Амброзия полыннолиственная	100	100	100	100	99	100	100	100	57	61	64	66
Акалифа южная	100	100	100	100	94	95	97	99	54	60	63	66
Гибискус тройчатый	100	100	100	100	93	95	95	96	56	63	66	70
Дурнишник сибирский	100	100	100	100	82	88	91	94	32	36	40	44
Эльсгольция ложногребенчатая	100	100	100	100	80	84	88	90	46	50	62	67
Канатник Теофраста	100	100	100	100	77	81	83	84	32	35	37	46
Мать белая	100	100	100	100	61	62	67	68	28	32	49	50
Коммелина обыкновенная	100	100	100	100	55	66	69	75	51	54	58	58
Сизобекки пушистая	100	100	100	100	55	55	62	66	36	37	43	46

Примечание. Здесь и в табл. 3: 91–100% – очень хорошее действие; 76–90% – хорошее; 51–75% – удовлетворительное; 0–50% – не действует / слабое действие.

Табл. 3. Снижение высоты сорных растений при обработке гербицидом Флекс, % к контролю (среднее за 2019–2021 гг.)**Table 3.** Reduction of weed height when treated with Flex herbicide, % to the control (average for 2019–2021)

Вид сорного растения	Срок обработки											
	первый				второй				третий			
	Норма расхода препарата, л/га											
	0,75	1,0	1,25	1,5	0,75	1,0	1,25	1,5	0,75	1,0	1,25	1,5
Амброзия полыннолистная	100	100	100	100	99	100	100	100	44	48	48	50
Щирица запрокинутая	100	100	100	100	98	98	99	100	54	60	62	69
Акалифа южная	100	100	100	100	91	92	94	96	42	42	43	44
Гибискус тройчатый	100	100	100	100	84	88	90	94	38	42	44	50
Канатник Теофраста	100	100	100	100	68	72	74	82	19	22	27	38
Эльсгольция ложногребенчатая	100	100	100	100	67	74	80	85	32	42	47	54
Дурнишник сибирский	100	100	100	100	62	72	79	80	18	23	28	32
Коммелина обыкновенная	100	100	100	100	61	71	74	80	56	58	62	62
Марь белая	100	100	100	100	55	58	60	60	24	30	42	44
Сигезбекия пушистая	100	100	100	100	45	48	56	60	28	29	32	36

эльсгольция ложногребенчатая и канатник Теофраста были высоко восприимчивы к действию гербицида, снижение их надземной массы составило 77–94%. На марь белую, коммелину обыкновенную и сигезбекию пушистую препарат действовал менее эффективно (снижение массы на 55–75%).

Хорошую чувствительность (угнетение по массе на 76–86%) к гербициду Флекс при обработке в третий срок проявила только щирица запрокинутая. Удовлетворительную эффективность препарат показал по отношению к амброзии полыннолистной, акалифе южной, гибискусу тройчатому и коммелине обыкновенной, подавляя набор ими надземной массы на 51–70%. Дурнишник сибирский, канатник Теофраста, марь белая и сигезбекия пушистая потеряли 28–50% биомассы и 18–44% высоты в сравнении с контролем, проявив относительную устойчивость к действию гербицида после обработки в третий срок. На эльсгольцию ложногребенчатую препарат оказал удовлетворительное действие только в нормах применения 1,25 и 1,5 л/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований, проведенных в условиях вегетационного домика, установлено, что гербицид Флекс при посевсходном применении в нормах расхода 0,75–1,5 л/га полностью уничтожает растения амброзии полыннолистной, акалифы южной, щирицы запрокинутой, гибискуса тройчатого, дурнишника сибирского, эльсгольции ложногребенчатой, канатника Теофраста, мари белой, сигезбекии пушистой и коммелины обыкновенной, находящихся на ранних стадиях роста и развития.

При обработке сорных растений во второй срок, в более поздние фазы роста (10–21 см) и развития (3–10 настоящих листьев), высокочувствительными к действию препарата Флекс остаются амброзия полыннолистной, щирица запрокинутая, акалифа южная, гибискус тройчатый и дурнишник сибирский. При применении во второй срок препарат также достаточно эффективен в отношении эльсгольции ложногребенчатой и канатника Теофраста.

При применении Флекса в третий срок, по переросшим сорнякам (высота растений – до 17–35 см, фаза развития – от ветвления до цветения (формирование 6–14 настоящих листьев)), гербицидная активность препарата по сравнению с эффективностью обработки в первый срок снижается в 1,2–3,6 раза.

Из изученных сорных видов высокая чувствительность к изучаемому гербициду во всех испытанных нормах и сроках обработки выявлена только у щирицы запрокинутой. В отношении амброзии полыннолистной, акалифы южной, гибискуса тройчатого, дурнишника сибирского, эльсгольции ложногребенчатой, канатника Теофраста добиться хорошей эффективности Флекса можно только при его применении до формирования сорняками 4–8 настоящих листьев. Для уничтожения мари белой, коммелины обыкновенной и сизигиумной пушистой гербицид необходимо использовать только на самых ранних стадиях их роста (3,5–7,0 см) и развития (1–4 настоящих листа).

Полученные экспериментальные данные служат убедительным аргументом в пользу целесообразности применения гербицида Флекс в наиболее ранние фазы роста и развития сорных растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ким Л.В., Вдовенко А.В., Назарова А.А., Емельянова Е.А. Проблемы и перспективы отрасли растениеводства в Дальневосточном федеральном округе // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 3 (51). С. 19–26. DOI: 10.24411/1999-6837-2019-13031.
2. Степанов А.С., Асеева Т.А., Дубровин К.Н. Влияние климатических характеристик и значений вегетационного индекса NDVI на урожайность сои (на примере районов Приморского края) // Аграрный вестник Урала. 2020. № 1 (192). С. 10–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19.
3. Присяжная И.М., Синеговский М.О., Присяжная С.П., Синеговская В.Т. Использование незерновой части урожая сои в качестве органического удобрения // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 1. С. 62–66. DOI: 10.30850/vrsn/2022/1/62-66.
4. Попова О.В., Рукин В.Ф., Салманова И.А. Для защиты сои Центрального Черноземья // Защита и карантин растений. 2012. № 7. С. 27–31.
5. Веневцев В.З., Захарова М.Н., Рожкова Л.В. Борьба с сорняками в посевах сои в Рязанской области // Защита и карантин растений. 2017. № 12. С. 28–29.
6. Миленко О.Г. Продуктивность агрофитоценоза сои в зависимости от сорта, норм высева семян и способов ухода за посевами // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. Вып. 1. С. 170–181.
7. Арькова Ж.А., Манаенков К.А., Колдин М.С., Гаглоев А.Ч., Негреева А.Н. Эффективность борьбы с сорняками в посевах сои на территории Тамбовской области // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2017. № 4 (18). С. 15–20.
8. Shcatula Y. Chemical protection of soybean crops against weeds // Sciences of Europe. 2021. N 2 (67). P 27–35. DOI: 10.24412/3162-2364-2021-67-2-27-35.
9. Мороховец Т.В., Мороховец В.Н., Вострикова С.С., Басай З.В., Скорик Н.С., Маркова Е.С., Баймуханова А.А. Результаты изучения сорно-полевой флоры Приморского края в 2016–2020 годах // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 6. С. 57–67. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-6-7.
10. Мороховец Т.В., Мороховец В.Н., Штерболова Т.В., Басай З.В., Вострикова С.С., Скорик Н.С. Видовая чувствительность сорных растений на ранних стадиях развития к гербициду Флекс, КЭ // Вестник ДВО РАН. 2021. № 3 (217). С. 70–74.
11. Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Лаптев А.Б. Развитие химического метода защиты растений в России // Защита и карантин растений. 2021. № 4. С. 3–13. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_4_3.
12. Черепанов И.А., Спиридонов Ю.Я., Абубикеров В.А., Спиридонова И.Ю., Калганова Н.В., Лапшин Д.А., Моисеев С.К. Антидоты гербицидов на основе сидномина // Агротехника. 2022. № 4. С. 36–45. DOI: 10.31857/S0002188122040056.
13. Мороховец Т.В., Мороховец В.Н., Штерболова Т.В., Басай З.В., Вострикова С.С., Скорик Н.С. Эффективность и безопасность для сои баковых смесей гербицида Флекс с граминицидами // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 3 (55). С. 48–57. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13033.

14. Мороховец В.Н., Штерболова Т.В., Мороховец Т.В., Вострикова С.С., Басай З.В., Скорик Н.С. Эффективность последовательного применения гербицида Флекс с граминицидами в посевах сои // Вестник ДВО РАН. 2020. № 4 (212). С. 106–115. DOI: 10.37102/08697698.2020.212.4.017.
 15. Савва А.П., Тележенко Т.Н., Суворова В.А., Ковалёв С.С. Противодвудольный гербицид Флекс, ВР для защиты посевов сои в Краснодарском крае // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 3. С. 69–73. DOI: 10.53859/02352451_2020_36_3_69.
 16. Голубев А.С., Ткач А.С., Маханькова Т.А. Чувствительность сорных растений к внесению фомесафена до всходов картофеля // Защита и карантин растений. 2022. № 7. С. 26–28. DOI: 10.47528/1026-8634_2022_7_26.
 17. Малышкин Н.Г. К вопросу об устойчивости сорных растений к гербицидам // Агропродовольственная политика России. 2020. № 3. С. 20–23.
 18. Сосудистые растения Советского Дальнего Востока: монография. В 8 т. Л.: Наука, 1987. Т. 2. 446 с.
 19. Сосудистые растения Советского Дальнего Востока: монография. В 8 т. Л.: Наука, 1988. Т. 3. 421 с.
 20. Сосудистые растения Советского Дальнего Востока: монография. В 8 т. Л.: Наука, 1991–1996. Т. 5–8.
- ## REFERENCES
1. Kim L.V., Vdovenko A.V., Nazarova A.A., Emel'yanova E.A. Problems and prospects of crop production in the Far East. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik = Far East Agrarian Bulletin*, 2019, no. 3 (51), pp. 19–26. (In Russian). DOI: 10.24411/1999-6837-2019-13031.
 2. Stepanov A.S., Aseeva T.A., Dubrovin K.N. The influence of climatic characteristics and values of NDVI at soybean yield (on the example of the districts of the Primorskiy region). *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2020, no. 1 (192), pp. 10–19. (In Russian). DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-10-19.
 3. Prisyazhnaya I.M., Sinegovskii M.O., Prisyazhnaya S.P., Sinegovskaya V.T. Usage of not grain part of soybean grain as organic manure. *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki = Vestnik of the Russian agricultural science*, 2022, no. 1, pp. 62–66. (In Russian). DOI: 10.30850/vrsn/2022/1/62-66.
 4. Popova O.V., Rukin V.F., Salmanova I.A. For the soybean protection in the Central Black Earth region. *Zaschita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2012, no. 7, pp. 27–31. (In Russian).
 5. Venevtsev V.Z., Zakharova M.N., Rozhkova L.V. Control of weeds in soybean crops in the Ryazan region. *Zaschita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2017, no. 12, pp. 28–29. (In Russian).
 6. Milenko O.G. Productivity of soybean agrophytocenosis depending upon variety, seeding and rate and methods of crop care. *Izvestiya Timiryazevskoy selskohozyaystvennoy akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2019, vol. 1, pp. 170–181. (In Russian).
 7. Ar'kova Zh.A., Manaenkov K.A., Koldin M.S., Gagloev A.Ch., Negreeva A.N. Effectiveness of weed control in soybean crops under conditions of Tambov region. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya = Technologies for the food and processing industry of AIC - healthy food*, 2017, no. 4 (18), pp. 15–20. (In Russian).
 8. Shcatula Y. Chemical protection of soybean crops against weeds. *Sciences of Europe*, 2021, no. 2 (67), pp. 27–35. DOI: 10.24412/3162-2364-2021-67-2-27-35.
 9. Morokhovets T.V., Morokhovets V.N., Vostrikova S.S., Basai Z.V., Skorik N.S., Markova E.S., Baimukhanova A.A. Results of the study of the weed-field flora of Primorsky Territory in 2016–2020. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2021, vol. 51, no. 6, pp. 57–67. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2021-6-7.
 10. Morokhovets T.V., Morokhovets V.N., Shterbolova T.V., Basai Z.V., Vostrikova S.S., Skorik N.S. Species sensitivity of weeds in the early stages of development to the herbicide Flex, CE. *Vestnik DVO RAN = Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences*, 2021, no. 3 (217), pp. 70–74. (In Russian). DOI: 10.37102/0869-7698_2021_217_03_11.
 11. Dolzhenko V.I., Sukhoruchenko G.I., Laptiev A.B. Development of the chemical method of plant protection in Russia. *Zaschita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2021, no. 4, pp. 3–13. (In Russian). DOI: 10.47528/1026-8634_2021_4_3.
 12. Cherepanov I.A., Spiridonov Yu.Ya., Abubikero V.A., Spiridonova I.Yu., Kalganova N.V.,

- Lapshin D.A., Moiseev S.K. Sydnone Imine Based Herbicide Antidotes. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2022, no. 4, pp. 36–45. (In Russian). DOI: 10.31857/S0002188122040056.
13. Morokhovets T.V., Morokhovets V.N., Shterbolova T.V., Basai Z.V., Vostrikova S.S., Skorik N.S. Use of tank mix of herbicide flex with graminicides: efficiency and safety for soybean *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik = Far East Agrarian Bulletin*, 2020, no. 3 (55), pp. 48–57. (In Russian). DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13033.
14. Morokhovets V.N., Shterbolova T.V., Morokhovets T.V., Vostrikova S.S., Basai Z.V., Skorik N.S. Effectiveness of sequential herbicide application Flex with graminicides in soybean crops. *Vestnik DVO RAN = Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences*, 2020, no. 4 (212), pp. 106–115. (In Russian). DOI: 10.37102/08697698.2020.212.4.017.
15. Savva A.P., Telezhenko T.N., Suvorova V.A., Kovalev S.S. Anti-dicotyledonous herbicide Flex, AS for the protection of soybean crops in the Krasnodar Territory. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*. 2022, vol. 36, no. 3, pp. 69–73. (In Russian). DOI: 10.53859/02352451_2020_36_3_69.
16. Golubev A.S., Tkach A.S., Makhan'kova T.A. Susceptibility of weeds to pre-emergence application of fomesafen on a potato crop. *Zaschita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2022, no. 7, pp. 26–28. (In Russian). DOI: 10.47528/1026-8634_2022_7_26.
17. Malyshkin N.G. About the resistance of weeds to herbicides. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii = Agro-food policy in Russia*, 2020, no. 3, pp. 20–23. (In Russian).
18. *Vascular plants of the Soviet Far East*: in 8 vol. Leningrad, Nauka Publ., 1987, vol. 2, 446 p. (In Russian).
19. *Vascular plants of the Soviet Far East*: in 8 vol. Leningrad, Nauka Publ., 1988, vol. 3, 421 p. (In Russian).
20. *Vascular plants of the Soviet Far East*: in 8 vol. Leningrad, Publ., 1991–1996, vol. 5–8. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мороховец Т.В., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

✉ **Мороховец В.Н.**, кандидат биологических наук, директор; **адрес для переписки:** Россия, 692684, Приморский край, Ханкайский район, с. Камень-Рыболов, ул. Мира, 42а; e-mail: dalniizr@mail.ru

Маркова Е.С., младший научный сотрудник

Басай З.В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Вострикова С.С., научный сотрудник

Скорик Н.С., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Tamara V. Morokhovets, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

✉ **Vadim N. Morokhovets**, Candidate of Science in Biology, Director; **address:** 42-a, Mira St., Khankaisky District, Kamen-Rybolov, the Primorsky Territory, 692684, Russia; e-mail: dalniizr@mail.ru

Elena S. Markova, Junior Researcher

Zoya V. Basay, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Svetlana S. Vostrikova, Researcher

Nina S. Skorik, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 30.08.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 26.09.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022

ОЗОННАЯ ДЕЗИНСЕКЦИЯ ЗЕРНА ОТ АМБАРНОГО ДОЛГОНОСИКА И БУЛАВОУСОГО ХРУЩАКА

✉ Баскаков И.В., Оробинский В.И., Василенко В.В., Гиевский А.М.

Voronezhskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. imperatora Petra I

Воронеж, Россия

✉ e-mail: vasich2@yandex.ru

Изучены способы борьбы с наиболее распространенными в центральных регионах Российской Федерации вредными насекомыми, которые наносят ущерб сельскохозяйственной продукции в период хранения. Эксперимент проведен в лабораторных условиях путем дезинсекции озонированием зернового вороха озимой пшеницы. Объект исследований – амбарные долгоносики (*Sitophilus granaries* L.) и булавоусые хрущаки (*Tribolium confusum* L.). Отмечено, что рекомендуемые в настоящее время для дезинсекции концентрации озона могут быть опасны для здоровья обслуживающего персонала. Исследована возможность проведения озонной обработки при меньших значениях (до 5 мг/м³). Установлено, что для полного уничтожения амбарного долгоносика достаточна концентрация озона в диапазоне 3–5 мг/м³ при экспозиции 300 мин. Поскольку поддерживать постоянное содержание газа сложно, следует ориентироваться на дозу озонной обработки свыше 1315 мг·мин/м³. Для полного уничтожения булавоусого хрущака следует озонировать при заданных параметрах не менее 460 мин. Доза озонной обработки должна превышать 1935 мг·мин/м³. Озонирование следует проводить до момента гибели примерно половины насекомых. Оставшаяся часть вредителей погибает в течение следующих суток после обработки, так как озон, воздействуя на гемолимфу, практически исключает вероятность выживания жуков после их парализации. Применение исследованных показателей концентрации газа способствует повышению качества семян зерновых культур. Озонная дезинсекция с указанными параметрами может быть объединена с операцией предпосевной подготовки посевного материала. За счет высокой активности озона такие концентрации достаточно быстро распадаются на молекулярный кислород, что значительно снижает риск отравления человека.

Ключевые слова: озонирование, семена, зерно, озонная дезинсекция зерна, вредители зерна

OZONE DISINFECTION OF GRAIN FROM GRANARY WEEVIL AND CONFUSED FLOUR BEETLE

✉ Baskakov I.V., Orobinsky V.I., Vasilenko V.V., Gievsky A.M.

Voronezh State Agrarian University n.a. Emperor Peter the Great

Voronezh, Russia

✉ e-mail: vasich2@yandex.ru

The methods of combating the most common harmful insects in the central regions of the Russian Federation, which cause damage to agricultural products during storage, were studied. The experiment was carried out in laboratory conditions by ozonation disinsection of a grain heap of winter wheat. The object of research is granary weevils (*Sitophilus granaries* L.) and confused flour beetles (*Tribolium confusum* L.). It is noted that the currently recommended ozone concentrations for disinfection can be dangerous for the health of service personnel. The possibility of ozone treatment at lower values (up to 5 mg/m³) was investigated. It was found that ozone concentration in the range of 3-5 mg/m³ at an exposure of 300 min is sufficient for the complete destruction of the granary weevils. Since it is difficult to maintain a constant gas content, it is necessary to focus on the dose of ozone treatment over 1315 mg·min/m³. For the complete destruction of the confused flour beetles, at least 460 min should be ozonated at the specified parameters. The dose of ozone treatment should exceed 1935 mg·min/m³. Ozonation should be carried out until about half of the insects die. The remaining part of the pests dies within the next day after the treatment, since ozone, acting on the hemolymph, practically eliminates the possibility of survival of beetles after their paralysis. The use of the studied gas concentration indicators contributes to improving the quality of grain seeds.

Ozone disinfection with the specified parameters can be combined with the operation of pre-sowing preparation of the seed material. Due to the high activity of ozone, such concentrations quickly decompose into molecular oxygen, which significantly reduces the risk of human poisoning.

Keywords: ozonation, seeds, grain, ozone disinfection of grain, grain pests

Для цитирования: Баскаков И.В., Оробинский В.И., Василенко В.В., Гиевский А.М. Озонная дезинсекция зерна от амбарного долгоносика и булавоусого хрущака // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 42–48. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-5>

For citation: Baskakov I.V., Orobinsky V.I., Vasilenko V.V., Gievsky A.M. Ozone disinfection of grain from granary weevil and confused flour beetle. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 42–48. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-5>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В период хранения в зерне могут размножаться вредные насекомые, которые уничтожают значительную часть урожая. В связи с этим происходит не только снижение физического веса зерна, но и повышение токсичности зернового вороха из-за увеличения содержания в нем продуктов жизнедеятельности вредителей. Зараженное зерно нельзя использовать на фураж, чтобы избежать уменьшение продуктивности животных или падежа. Из-за вредителей в мире ежегодно портится около 15% выращенного урожая [1–4]. В России значительная часть зерна заражена долгоносиками и хрущачами. Согласно ГОСТ 13586.6–93 данные вредители имеют коэффициент вредоносности в зависимости от их вида от 0,4 до 1,5. Зараженность зерна амбарным долгоносиком и булавоусым хрущачом в России суммарно составляет около 40%. При этом опасно даже невысокое содержание вредителей, поскольку развиваются они быстро и качество зерна и продуктов его переработки значительно снижается. В настоящее время для борьбы с вредителями зерна преимущественно применяют различные дорогостоящие химические препараты, которые опасны как для человека, так и для окружающей среды. Поэтому идет активный поиск новых, экологически безопасных методов дезинсекции [5–10]. Наиболее перспективным в данном направлении считается процесс озонирования [11–15]. Озонная обработка не требует предварительного производства газа, поскольку

озоновоздушную смесь можно получать из воздуха посредством применения специального оборудования – озонаторов. При этом после дезинсекции озон превращается в кислород, не только не загрязняя атмосферу, но даже обогащая ее. В связи с этим исследование, направленные на изучение процесса озонирования для предотвращения развития вредителей зерна или их уничтожения, являются актуальными.

Цель исследований – определить режимы озонной обработки вредителей зерна, обеспечивающие эффективное уничтожение амбарного долгоносика и булавоусого хрущака при дезинсекции, в лабораторных условиях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведенные ранее исследования позволили определить эффективность озонной обработки против вредителей зерна. Однако примененные в данных экспериментах концентрации озона в озоновоздушной смеси значительны (от 70 до 2000 мг/м³). Такое содержание газа не только губительно для насекомых, но также очень опасно и для человека. Применение озоновоздушной смеси при данных концентрациях может быть опасно для обслуживающего персонала. Высокое содержание газа в озоновоздушной смеси негативно влияет на посевные качества зерна. Поэтому следует определить эффективность озонной дезинсекции вредителей зерна в лабораторных условиях при концентрации озона до 5 мг/м³. Данное

содержание газа способствует повышению качественных показателей семян зерновых культур, таких как энергия прорастания, всхожесть, сила роста и т.д. Следовательно, при достаточной эффективности озонной дезинсекции с указанными параметрами ее можно будет объединять с операцией предпосевной подготовки посевного материала. Кроме того, за счет высокой активности озона такие концентрации достаточно быстро распадаются на молекулярный кислород, что значительно снижает риск отравления человека.

Для определения эффективности различных режимов озонной обработки насекомых разделили на пять групп, каждую из которых поместили в индивидуальный воздухопроницаемый контейнер. Четыре образца в четырехкратной повторности впоследствии подвергали озонированию, а пятый вариант оставался в естественных условиях и служил контролем. Жуки, неспособные двигаться, считались мертвыми, поскольку возврат парализованных особей к жизни зафиксировано не было. Эффективность озонной обработки, выраженную в процентах, определяли путем деления числа мертвых вредителей к их общему числу до опыта.

Озонирование проводили в герметичной стеклянной емкости, которая имеет подводящие и отводящие озоновоздушную смесь магистрали. Концентрацию озона определяли на выходе посредством газоанализатора «Сигма-03», оснащенного двумя электрохимическими датчиками «Сигма-03.ДЭ», один из которых определял уровень газа в рабочей зоне, другой – в отработавшем газе. Четыре контейнера с вредителями помещали внутрь емкости. Первый образец озонировали на протяжении 5 ч. В дальнейшем образцы извлекали из емкости через 50–60 мин. Концентрация озона в отработавшей озоновоздушной смеси варьировала от 3,3 до 5,0 мг/м³, ее определяли каждые 10 мин с погрешностью 0,02 мг/м³ (см. табл. 1).

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что поддерживать заданное значение концентрации озона в озоновоздушной смеси на протяжении достаточно большого про-

Табл. 1. Параметры озонной обработки вредителей зерна

Table 1. Parameters of ozone treatment of grain pests

Время озонирования, мин	Концентрация озона, мг/м ³	Доза озона, мг·мин/м ³
0–10	4,82	48,2
11–20	5,0	50,0
21–30	5,0	50,0
31–40	3,34	33,4
41–50	4,0	40,0
51–60	4,23	42,3
61–70	5,0	50
71–80	3,96	39,6
81–90	4,02	40,2
91–100	5,0	50,0
101–110	3,48	34,8
111–120	5,0	50
121–130	4,62	46,2
131–140	4,0	40,0
141–150	4,3	43,0
151–160	5,0	50,0
161–170	4,2	42,0
171–180	3,98	39,8
181–190	4,52	45,2
191–200	4,34	43,4
201–210	4,65	46,5
211–220	4,58	45,8
221–230	4,72	47,2
231–240	4,43	44,3
241–250	4,21	42,1
251–260	4,14	41,4
261–270	4,28	42,8
271–280	4,42	44,2
281–290	3,96	39,6
291–300	4,37	43,7
Выемка 1-й партии Среднее за 300 мин	4,386	Суммарно 1316
301–310	3,88	38,8
311–320	3,94	39,4
321–330	4,21	42,1
331–340	4,1	41,0
341–350	4,17	41,7
Выемка 2-й партии Среднее за 350 мин	4,339	Суммарно 1519
351–360	3,52	35,2
361–370	3,78	37,8
371–380	2,98	29,8
381–390	5,0	50,0
391–400	5,0	50,0
Выемка 3-й партии Среднее за 400 мин	4,304	Суммарно 1722
401–410	2,76	27,6
411–420	3,51	35,1
421–430	3,84	38,4
431–440	3,68	36,8
441–450	3,75	37,5
451–460	3,89	38,9
Выемка 4-й партии Среднее за 460 мин	4,208	Суммарно 1936

межутка времени сложно. Кроме того, не все озонаторы имеют возможность регулировки данного параметра. Поэтому большое значение имеет «доза озонной обработки», которую можно получить путем умножения концентрации озона на время экспозиции. Данный показатель проще контролировать при дезинсекции. Одну и ту же дозу можно получить при высокой концентрации озона, но в маленьком промежутке времени эксперимента, или при низкой концентрации озона, но большой экспозиции. Все озонаторы индивидуальны и поддерживать заданный режим по содержанию газа в рабочей смеси они не могут. Прекращение процесса при достижении определенной дозы озонной обработки возможно путем несложных расчетов. Уровень ПДК озона в рабочей зоне непрерывно контролировали, превышение его в ходе эксперимента не отмечено. Расход озонозооной смеси на протяжении всего опыта был постоянный и составлял 1 м³/ч. Температура окружающего воздуха находилась в диапазоне 22–24 °С, относительная влажность рабочей смеси варьировала от 55 до 60%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эксперимент проведен в условиях лаборатории Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I. Результаты обработки озонной дезинсекцией амбарных долгоносиков и булавоусых хрущаков, развивавшихся в зерновом ворохе озимой пшеницы, представлены в табл. 2 и 3.

Анализ табл. 2, 3 показывает, что озонная обработка против рассматриваемых вредителей зерна достаточно эффективна. Причем более восприимчивы к воздействию озонозооной смеси оказались жуки амбарного долгоносика. За 300 мин озонирования при средней концентрации озона 4,386 мг/м³ и дозе 1316 мг·мин/м³ погибли 60% насекомых. В дальнейшем за 5 ч наблюдений после обработки данный показатель увеличился на 10%, через 12 ч смертность составила 100%. При этом жуков булавоусого хрущака погибло через сутки наблюдений 30%.

За следующие 50 мин озонирования доза озонной обработки достигла 1519 мг·мин/м³. При этом воздействие озонозооной сме-

Табл. 2. Эффективность озонной обработки при озонировании амбарного долгоносика

Table 2. Efficiency of ozone treatment during ozonation of granary weevil

Показатель	Доза озона, мг·мин/м ³			
	1316	1519	1722	1936
Общая эффективность озонной дезинсекции, %:	100	100	100	100
В том числе погибло жуков, экз.:				
при обработке	60	60	70	80
после обработки:				
через 5 ч	70	80	80	90
через 12 ч	100	100	100	100

Табл. 3. Эффективность озонной обработки при озонировании булавоусого хрущака

Table 3. Efficiency of ozone treatment during ozonation of confused flour beetle

Показатель	Доза озона, мг·мин/м ³			
	1316	1519	1722	1936
Общая эффективность озонной дезинсекции, %:	30	40	50	100
В том числе погибло жуков, экз.:				
при обработке	20	30	30	30
после обработки:				
через 5 ч	20	30	40	60
через 12 ч	30	30	40	90
через 24 ч	30	40	50	100

си на амбарного долгоносика практически не изменилось. Сразу после обработки погибли 60% жуков. Через 5 ч наблюдений данный показатель повысился на 20%. Оставшаяся часть вредителей погибла через 12 ч после обработки, при этих же параметрах 30% жуков булавоусого хрущака погибли в процессе озонирования и 10% – после суток наблюдений. Поэтому эффективность озонной дезинсекции в этих условиях против данного вредителя составила всего 40%.

Дальнейшие 50 мин озонирования позволили достичь дозы озонной обработки 1722 мг/м³. При данных условиях эффективность дезинсекции против амбарного долгоносика была схожа с предыдущими параметрами, т.е. 70% жуков погибли сразу, а оставшиеся – через 12 ч наблюдений. Такая же динамика отмечена и в опыте с булавоусым хрущакком. Сразу после озонирования 30% особей были парализованы или мертвы. Еще 10% жуков погибли в течение следующих 5 ч наблюдений за ними. Через сутки после озонирования эффективность процесса против булавоусого хрущака достигла 50%.

Следующий час озонирования позволил достичь дозы озонной обработки 1936 мг·мин/м³. Действие озоновоздушной смеси на жуков амбарного долгоносика увеличилось. Сразу после озонирования погибли 80% вредителей, а оставшаяся часть – в течение 12 ч наблюдений. При этих же условиях эффективность процесса озонирования для дезинсекции жуков булавоусого хрущака также возросла. Сразу после озонной обработки 30% особей были парализованы и затем погибли. Данный показатель увеличился в 2 раза через 5 ч после озонирования и в 3 раза – через 12 ч. Через сутки наблюдений смертность жуков булавоусого хрущака достигла 100%. Общая эффективность озонной дезинсекции при заданном режиме через сутки после обработки составила 100% как против амбарного долгоносика, так и против булавоусого хрущака.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для уничтожения амбарного долгоносика при концентрации озона в озоновоздушной смеси в диапазоне 3,3–5,0 мг/м³ необходимы 300 мин обработки и доза 1316 мг·мин/м³. Гибель всех вредителей происходит через 12 ч. Для уничтожения булавоусого хрущака при концентрации озона в озоновоздушной смеси в диапазоне 3,3–5,0 мг/м³ требуется 460 мин дезинсекции и доза 1936 мг·мин/м³. Полная гибель насекомых наступает через 24 ч после озонирования.

В случае высокой озонопроизводительности озонатора необходимо рассчитать время дезинсекции, поделив рекомендуемые дозы озона на текущую концентрацию в конкретном опыте. Озонировать до полного истребления вредителей зерна не рекомендуется, поскольку озонная обработка имеет эффект последствия, который способствует вымиранию жуков в течение следующих суток после дезинсекции. Для прекращения процесса обеззараживания зернового вороха можно ориентироваться на парализацию половины численности жуков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П. Зараженность зерна грибами *Fusarium* в Краснодарском и Ставропольском краях // Защита и карантин растений. 2014. № 3. С. 30–32.
2. Закладной Г.А. Зерно: не только произвести, но и сохранить // Защита и карантин растений. 2015. № 10. С. 37–40.
3. Соколов Е.А. Защита зерна от комплекса вредителей запасов карантинного значения // Вестник защиты растений. 2008. № 1. С. 55–56.
4. Закладной Г.А., Марков Ю.Ф. Цифровые технологии на защите зерна // Хлебопродукты. 2021. № 3. С. 62–64.
5. Морозова Т.М. Воздействие озоновоздушного потока на посевные и фитосанитарные качества зерна яровой пшеницы // Владимирский земледелец. 2020. № 4 (94). С. 37–40. DOI 10.24411/2225-2584-2020-10143.
6. Авдеева В.Н., Безгина Ю.А., Любая С.И. Озонирование – экологический способ обеззараживания зерносмесей // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2015. № 3 (29). С. 23–29.

7. Магомедов Р.К., Яковлев П.А. Испытание углекислого газа для обеззараживания зернопродукции от амбарных вредителей // Защита и карантин растений. 2021. № 2. С. 38–40.
8. Мордкович Я.Б., Яковлев П.А. Основные методы обеззараживания зерна от вредителей запасов // Защита и карантин растений. 2019. № 12. С. 24–25.
9. Пащенко В.М., Пылаева О.Н., Меньшова Т.В. Устройство для уничтожения амбарных вредителей зерна // Сельский механизатор. 2013. № 5. С. 22–23.
10. Сагитов А.О., Сарсенбаева Г.Б., Темиржанов М.Б. Эффективность действия ионизирующего излучения на вредителей зерна и продуктов его переработки // Аграрная наука. 2019. № S2. С. 139–141.
11. Баскаков И.В. Влияние озонной обработки на вредителей зерна // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 3 (62). С. 41–46. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.3.41.
12. Нормов Д.А., Федоренко Е.А. Обеззараживание зерна озонированием // Комбикорма. 2009. № 4. С. 44.
13. Осман М.А.М., Закладной Г.А. Озон – альтернатива фумигантам // Защита и карантин растений. 2008. № 3. С. 56.
14. Закладной Г.А., Саеид Е.К.М., Козтева Е.Ф. Биологическая активность озона в отношении вредителей зерна – рисового долгоносика и амбарного долгоносика // Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. № 4. С. 59–61.
15. Закладной Г.А., Осман М.А.М. Биологическая оценка озона как средства борьбы с вредителями зерна и зернопродуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. № 5. С. 8–9.
1. Gagkaeva T.Yu., Gavrilova O.P. Contamination of grain with Fusarium fungi in the Krasnodar and Stavropol territories. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2014, no 3, pp. 30–32. (In Russian).
2. Zakladnoi G.A. Grain: not only to produce, but also to preserve. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2015, no. 10, pp. 37–40. (In Russian).
3. Sokolov E.A. Protection of grain from the pest complex of quarantine stocks. *Vestnik zashchity rastenii = Bulletin of Plant Protection*, 2008, no. 1, pp. 55–56. (In Russian).
4. Zakladnoi G.A., Markov Yu.F. Digital technologies for grain protection. *Khleboprodukty = Bread products*, 2021, no. 3, pp. 62–64. (In Russian).
5. Morozova T.M. Impact of ozone-air flow on seed and phytosanitary characteristics of spring wheat grain. *Vladimirskii zemledelets = Vladimir agricolist*, 2020, no. 4 (94), pp. 37–40. (In Russian). DOI 10.24411/2225-2584-2020-10143.
6. Avdeeva V.N., Bezgina Yu.A., Lyubaya S.I. Ozonation is an ecological method of disinfection of grain mixtures. *Vestnik gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya = Bulletin of the State Agrarian University of the Northern Trans-Urals*, 2015, no.3 (29), pp. 23–29. (In Russian).
7. Magomedov R.K., Yakovlev P.A. Carbon dioxide testing for disinfection of grain products from barn pests. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2021, no. 2, pp. 38–40. (In Russian).
8. Mordkovich Ya.B., Yakovlev P.A. Basic methods of grain disinfection from storage pests. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2019, no. 12, pp. 24–25. (In Russian).
9. Pashchenko V.M., Pylaeva O.N., Men'shova T.V. The device for the destruction of grain storage pests. *Sel'skii mekhanizator = Selskiy Mechanizator*, 2013, no. 5, pp. 22–23. (In Russian).
10. Sagitov A.O., Sarsenbaeva G.B., Temirzhanov M.B. Efficiency of ionizing effects radiation on pests of grain stocks and grain products. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*, 2019, no. S2, pp. 139–141. (In Russian).
11. Baskakov I.V. Grain ozonous treatment and its influence on stored-grain pests and insects. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*, 2019, vol. 12, no. 3 (62), pp. 41–46. (In Russian). DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.3.41.
12. Normov D.A., Fedorenko E.A. Disinfection of grain by ozonation. *Kombikorma = Compound feed*, 2009, no. 4, pp. 44. (In Russian).
13. Osman M.A.M., Zakladnoi G.A. Ozone is an alternative to fumigants. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2008, no. 3, pp. 56. (In Russian).

REFERENCES

14. Zakladnoi G.A., Saeed E.K.M., Kogteva E.F. Biological activity of ozone against grain pests – rice weevil and barn weevil. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya = Storage and processing of farm products*, 2003, no. 4, pp. 59–61. (In Russian).
15. Zakladnoi G.A., Osman M.A.M. Biological assessment of ozone as a means of pest control of grain and grain products. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya = Storage and processing of farm products*, 2011, no 5, pp. 8–9. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Баскаков И.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор; **адрес для переписки:** Россия, 394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1; e-mail: vasich2@yandex.ru

Оробинский В.И., доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, декан

Василенко В.В., доктор технических наук, профессор

Гиевский А.М., доктор технических наук, профессор

AUTHOR INFORMATION

✉ **Ivan V. Baskakov**, Doctor of Science in Agriculture, Professor; **address:** 1, Michurina str., Voronezh, 394087, Russia; e-mail: vasich2@yandex.ru

Vladimir I. Orobinsky, Doctor of Science in Agriculture, Department Head, Dean

Vladimir V. Vasilenko, Doctor of Science in Engineering, Professor

Alexei M. Gievsky, Doctor of Science in Engineering, Professor

Дата поступления статьи / Received by the editors 25.04.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 02.08.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА СОСТАВ ФИТОПАТОГЕНОВ ПШЕНИЦЫ ПРИ ХРАНЕНИИ ЗЕРНА

Сурначева В.В., Казанцев М.П., Коробейников А.С., ✉ Ашмарина Л.Ф.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: alf8@yandex.ru

Высокая влажность, низкая температура и болезнетворные микроорганизмы способны значительно снизить качество семян зерновых культур при их хранении. Изучено влияние температуры и влажности на поражаемость семян пшеницы фитопатогенами при хранении. Выявлено снижение зараженности семенного материала всеми видами грибов в теплом складе при 14%-й влажности. При повышении влажности до 20% происходило увеличение общей зараженности. Показана зависимость поражаемости всходов зерновых культур от условий хранения семян. При теплом режиме хранения семян при нормальной влажности (14%) выявлен наиболее высокий индекс развития болезней – в 2,9 раза выше по сравнению с холодным режимом хранения, но с аналогичной влажностью. Аналогичные данные получены и при определении распространенности корневой гнили. Наибольший показатель распространенности болезни отмечен у растений, высеянных семенами, хранящимися при влажности 20% в теплом складе, что в 1,5 раза выше по сравнению с семенами, высеянными при стандартной влажности (14%). При холодном хранении семян распространенность корневой гнили при высокой влажности (20%) составила 63% – на 7% выше, чем при стандартной (14%). При повышенной влажности (20%) как в теплом, так и в холодном складе распространенность корневой гнили выше, чем при стандартной влажности. Отмечено, что при теплом режиме хранения семян при влажности 20% органотропная специализация характеризуется приуроченностью патогенов ко всем органам растения.

Ключевые слова: яровая пшеница, режим хранения, фитопатогены, зараженность, семена, всхожесть, развитие болезни

EFFECT OF TEMPERATURE AND HUMIDITY ON THE COMPOSITION OF WHEAT PHYTOPATHOGENS DURING GRAIN STORAGE

Surnacheva V.V., Kazancev M.P., Korobejnikov A.S., ✉ Ashmarina L.F.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: alf8@yandex.ru

High humidity, low temperature and pathogens can significantly reduce the quality of cereal crop seeds during storage. The effect of temperature and humidity on the infestation of wheat seeds by phytopathogens during storage was studied. A decrease in infestation of seed material with all types of fungi in a warm warehouse at 14% humidity was found. When humidity increased to 20%, there was an increase in total infestation. The dependence of seedling infestation on seed storage conditions is shown. Warm storage mode of seed storage at normal humidity (14%) revealed the highest index of disease development – 2.9 times higher compared to cold storage mode, but with similar humidity. Similar data were obtained when determining the prevalence of root rot. The highest incidence of the disease was noted in plants sown with seeds stored at 20% humidity in a warm warehouse, which is 1.5 times higher compared to the seeds sown at standard humidity (14%). When seeds were stored cold, the prevalence of root rot at high humidity (20%) was 63% – 7% higher than at standard humidity (14%). At higher humidity (20%) in both warm and cold storage, the prevalence of root rot is higher than at standard humidity. It was noted that under warm seed storage conditions at 20% moisture content, organotropic specialization is characterized by allocation of pathogens in all plant organs.

Keywords: spring wheat, storage mode, phytopathogens, infestation, seeds, germination, disease development

Для цитирования: Сурначева В.В., Казанцев М.П., Коробейников А.С., Ашмарина Л.Ф. Влияние температуры и влажности на состав фитопатогенов пшеницы при хранении зерна // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 49–55. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-6>

For citation: Surnacheva V.V., Kazancev M.P., Korobejnikov A.S., Ashmarina L.F. Effect of temperature and humidity on the composition of wheat phytopathogens during grain storage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 49–55. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-6>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время семена сельскохозяйственных культур в условиях Западной Сибири поражаются целым комплексом возбудителей болезней [1–3]. Это приводит к ряду негативных факторов: снижению посевных качеств, всхожести, энергии прорастания и др. [4–6]. Под действием микроорганизмов изменяются основные показатели свежести зерна: цвет, блеск, запах и вкус [6–9]. Микотоксины – продукты жизнедеятельности плесеней – чрезвычайно токсичны для животных и человека. Обнаружено более 200 токсических веществ, выделяемых плесневыми грибами: афлатоксины, охратоксины, патулин, зеаралапон и другие, среди которых в виду особой токсичности и канцерогенности наибольшую опасность представляют афлатоксины, выделяемые *A. flavus* [10].

Обработка посевного материала различными веществами в целях его защиты от болезней и вредителей – один из наиболее целенаправленных, экономичных и экологических мероприятий по защите растений [11]. Химические протравители, которые достаточно эффективно обеззараживают семена, имеют ряд негативных свойств: высокую стоимость обработки и связанные с их применением экологические риски [12].

Один из эффективных способов оздоровления семенного материала – оптимизация условий хранения с соблюдением необходимых уровней температуры и влажности воздуха в складских помещениях.

Цель исследования – изучить влияние температуры и влажности на поражаемость семян пшеницы фитопатогенами при хранении.

Задачи исследований:

- определить влияние факторов температуры и влажности на общую зараженность семян пшеницы комплексом фитопатогенов;
- выявить степень влияния температуры, влажности и поражаемости семян пшеницы на полевую всхожесть;
- определить степень влияния условий хранения зерна на поражаемость всходов в полевых условиях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на научно-экспериментальной базе Сибирского научно-исследовательского института кормов СФНЦА РАН. Оценку влияния различных факторов (температура, влажность) на зараженность семян пшеницы осуществляли в лабораторном опыте. Цель опыта – выявить степень влияния температуры, влажности и поражаемости семян пшеницы на полевую всхожесть.

Семена пшеницы закладывали на хранение в естественных условиях, предварительно помещая в тару для хранения (мешки). Отбор семян для контроля их фитосанитарного состояния и изменения посевных качеств проводили через каждые 30 дней хранения¹. Наряду с этим отобраны образцы для определения исходной зараженности семян. Микологический анализ семян проведен по общепринятому методу, который основан на создании оптимальных условий, стимулирующих рост и развитие возбудителей бо-

¹ГОСТ Р 52325–2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. М.: Стандартинформ, 2006.

лезней с целью получения спороношения². Для изучения состава микофлоры семена (по 10 шт.) помещали на подготовленную стерильную агаризованную среду Чапека с целью изучения зараженности семян фитопатогенами ($n = 50$). Наблюдения и учеты осуществляли через 7–14 дней. Для этого каждую колонию грибов просматривали под микроскопом и рассчитывали процент заражения семян микроорганизмами. Видовую идентификацию грибов осуществляли по определителям^{3, 4} [13]. Для более детального определения колонии отщипывали на агаризованную среду в пробирки для последующей идентификации видов.

Оценку влияния условий хранения семян пшеницы на пораженность растений корневой гнилью проводили в полевых условиях в микрополевым опыте [10]. Повторность опыта трехкратная. Отбор образцов на пораженность корневой гнилью осуществляли в фазу кущения зерновых культур по общепринятым методикам. Для этого все растения отмывали под проточной водой и проводили глазомерный анализ. В течение вегетации проводили в динамике учет листостебельных инфекций на зерновых культурах. Математическую обработку осуществляли, используя программу Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Перед закладкой опыта проведена фитозэкспертиза семян яровой пшеницы на их исходную зараженность (см. таблицу).

При 20%-й влажности семян отмечена тенденция к более высокому их инфицированию

фитопатогенными грибами родов *Alternaria*, *Fusarium* и *Bipolaris*, хотя это статистически недостоверно. Сопутствующие грибы, представленные видами родов *Aspergillus* и *Mucor*, имели невысокий уровень заселенности (до 6%).

Далее семена с разной влажностью были заложены на хранение при различных режимах температуры (теплый и холодный склад).

Проведенные исследования на 136-й день эксперимента показали, что наибольшая зараженность фитопатогенами установлена при хранении зерна при влажности 20% как при холодном, так и при теплом режимах хранения (см. рис. 1). Уровень инфицирования одним из основных возбудителей корневой гнили грибом *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker превышал порог вредоносности (ПВ 15%) и составлял соответственно 16 и 32%. Представленность видов рода *Fusarium* была в этих образцах значительной и достигала соответственно 52 и 26%, видов рода *Alternaria* – 76 и 68%.

Наибольшая суммарная зараженность возбудителями корневой гнили оказалась в образцах зерна пшеницы, хранившихся при повышенной влажности холодного (194%) и теплого хранения (178%) (см. рис. 2). Банальная микофлора, представленная видами рода *Penicillium* и *Aspergillus*, также была выше при влажности 20%.

Литературные данные свидетельствуют [5, 8, 9], что при более высокой влажности численность фитопатогенов возрастает, поскольку создаются более благоприятные условия для их развития. Это согласуется с

Исходная заселенность семян пшеницы грибами перед закладкой лабораторного опыта
Initial infestation of wheat seeds with fungi before the laboratory experiment

Среднее число колоний грибов в чашках Петри*				
<i>Alternaria</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Bipolaris</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Mucor</i>
Влажность 14%				
6,8 ± 1,1	3 ± 1,22	1,4 ± 0,89	0,4 ± 0,89	0,6 ± 0,89
Влажность 20%				
8,6 ± 1,14	5,2 ± 1,79	4,8 ± 1,3	0	0

*Различие по U-критерию Манна – Уитни ($p < 0,05$) по сравнению с контролем.

²Наумов Н.А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. М.; Л.: Сельхозгиз, 1951. 137 с.

³Билай В.И. Фузариоз. Киев: Наукова думка, 1977. 442 с.

⁴Пидопличко Н.М. Грибы-паразиты культурных растений: Определитель в 3-х томах. Киев: Наукова думка, 1977. Т. 1.

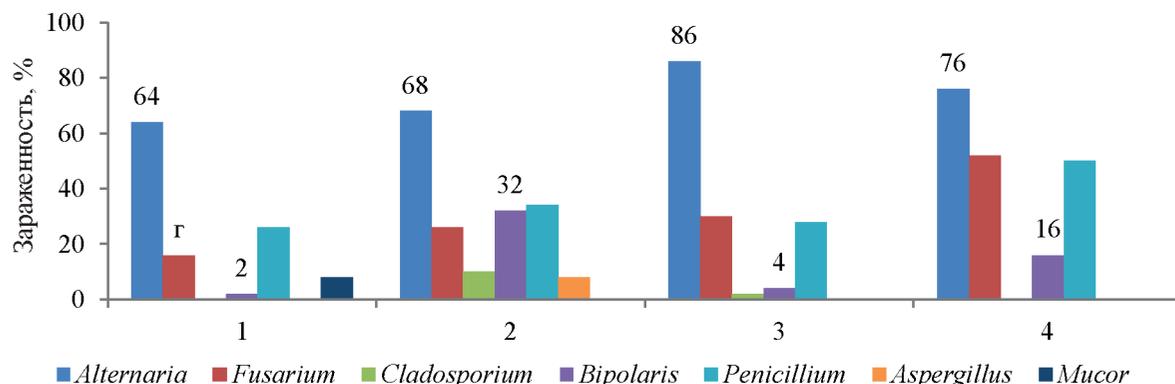


Рис. 1. Зараженность семян пшеницы:

г – значимость различия по тесту Данна ($p < 0,05$) по сравнению с соответствующим вариантом; здесь и на рис. 2–4: 1 – влажность 14%, теплый склад; 2 – влажность 20%, теплый склад; 3 – влажность 14%, холодный склад; 4 – влажность 20%, холодный склад

Fig. 1. Infestation of wheat seeds;

г - significance of the difference by Dunn's test ($p < 0.05$) compared to the corresponding variant; here and in Figs. 2-4: 1 – 14% moisture content, warm storage; 2 – 20% moisture content, warm storage; 3 – 14% moisture content, cold storage; 4 – 20% moisture content, cold storage

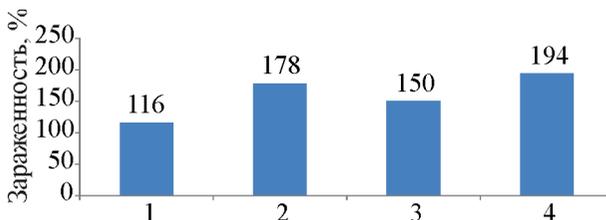


Рис. 2. Сумма зараженности пшеницы фитопатогенными грибами рода *Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris*

Fig. 2. Sum of infestation of wheat by phytopathogenic fungi of *Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris* genera

полученными нами результатами. При более высокой влажности (20%) уровень зараженности семян пшеницы представителями родов *Alternaria*, *Fusarium*, *Bipolaris* был выше, чем при влажности 14%.

Для выяснения влияния режимов хранения семян на развитие болезней пшеницы проведен микрополевой опыт. Изучаемые семена были высеяны в поле. В фазу полного кущения растения проанализированы на интенсивность развития и распространенности корневой гнили на различных подземных органах яровой пшеницы (см. рис. 3, 4).

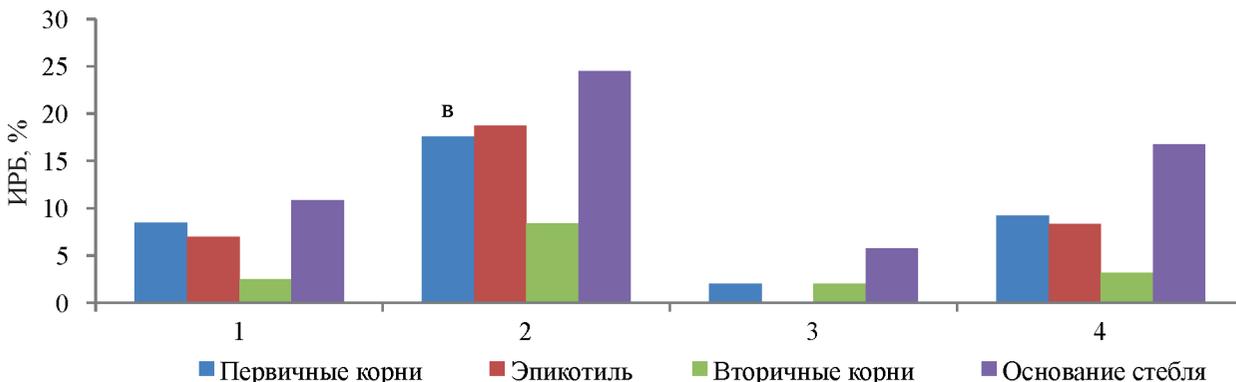


Рис. 3. Индексы развития корневой гнили пшеницы:

в – значимость различия по тесту Данна ($p < 0,1$) по сравнению с соответствующим вариантом

Fig. 3. Indices of wheat root rot development;

в – significance of Dunn's test difference ($p < 0.1$) compared to the corresponding variant

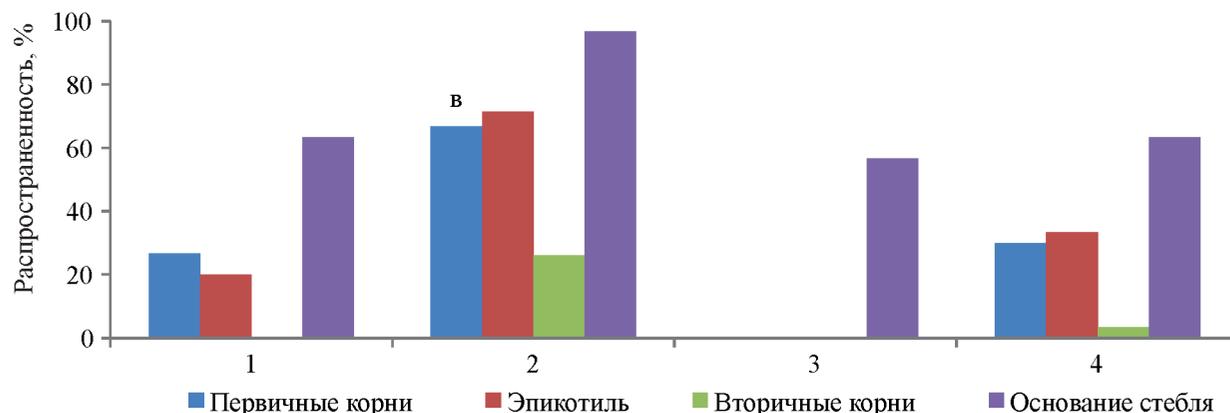


Рис. 4. Распространенность корневой гнили пшеницы;

в – значимость различия по тесту Данна ($p < 0,1$) по сравнению с соответствующим вариантом

Fig. 4. Prevalence of wheat root rot;

v - significance of Dunn's test difference ($p < 0,1$) compared to the corresponding variant

Выявлено, что развитие болезни было наибольшим при посеве семян пшеницы, хранящихся при повышенной влажности (20%), по сравнению с вариантами, где посев произведен семенами, хранящимися при стандартной влажности (14%). Уровень развития корневой гнили в целом был невысоким, лишь в варианте с влажностью 20% при теплом хранении он превышал порог вредности (ПВ 15%). В среднем по растению он составил 17,3%, что в 2,4 раза выше по сравнению с вариантом с влажностью 14% при теплом хранении. Следовательно, фактор влажности способствует более значительному развитию возбудителей болезни. Это подтверждает и тот факт, что при такой же влажности (20%) и холодном хранении индекс развития болезни был выше соответственно в 3,8 раза по сравнению с вариантами с аналогичным температурным режимом хранения, но при стандартной влажности (14%).

При теплом режиме хранения семян при нормальной влажности (14%) выявлен наиболее высокий индекс развития болезней – в 2,9 раза выше по сравнению с холодным режимом хранения, но с аналогичной влажностью. Это свидетельствует о том, что теплый режим хранения более благоприятен для развития возбудителей болезней, в частности корневой гнили.

Аналогичные данные получены и при определении распространенности корневой

гнили. Наибольший показатель распространенности болезни отмечен у растений, высеянных семенами, хранящимися при влажности 20% в теплом складе, что в 1,5 раза выше по сравнению с растениями из семян, хранившихся при стандартной влажности (14%). При холодном хранении семян распространенность корневой гнили при высокой влажности (20%) составила 63% – на 7% выше, чем при стандартной влажности (14%). Основное заражение отмечено у основания стебля. При хранении семян в холодном складе при стандартной влажности (14%) остальные органы растений были слабо поражены корневой гнилью.

Полученные данные свидетельствуют, что при повышенной влажности (20%) как в теплом, так и в холодном складе распространенность корневой гнили выше, чем при стандартной влажности. Следует отметить, что при теплом режиме хранения семян при влажности 20% органотропная специализация характеризуется приуроченностью патогенов ко всем органам растения.

ВЫВОДЫ

1. Выявлена сниженная зараженность семенного материала зерновых культур всеми видами грибов в теплом и холодном складе при влажности 14%. Наибольшие значения общей зараженности отмечены при влажности 20% в теплом складе,

что свидетельствует о значимости фактора влажности и температуры хранения для развития микофлоры.

2. Показана зависимость поражаемости всходов пшеницы от условий хранения зерна. Наименьшие значения распространенности и развития корневой гнили пшеницы выявлены на всходах, полученных из семян, хранившихся при нормальной влажности (14%) в холодном складе. Таким образом, для поражаемости всходов одним из значимых факторов выступает температура хранения и влажность семенного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ашмарина Л.Ф., Ермохина А.И., Галактионова Т.А.* Структура комплекса микромицетов семян кормовых культур в условиях лесостепи Западной Сибири // *Вестник НГАУ*. 2018. № 3. С. 44–52.
2. *Ашмарина Л.Ф., Агаркова З.В., Коняева Н.М., Горобей И.М., Давыдова Н.В.* Фитосанитарная ситуация в агроценозах кормовых культур в лесостепи Западной Сибири // *Земледелие*. 2015. № 2. С. 47–50.
3. *Ашмарина Л.Ф., Горобей И.М., Коняева Н.М., Агаркова З.В.* Атлас болезней кормовых культур в Западной Сибири: монография. Новосибирск: СО РАСХН, 2010. 173 с.
4. *Семенов А.Я., Потлайчук В.И.* Болезни семян полевых культур: монография. Л.: Колос, 1982. 128 с.
5. *Niaz I., Dawar S., Sitara U.* Effect of different moisture and storage temperature on seed borne mycoflora of maize // *Pakistan Journal of Botany*. 2011. N 43. P. 2639–2643.
6. *Wang L. Guo Y., He X.* Effects of deterioration and mildewing on the quality of wheat seeds with different moisture contents during storage // *RSC Advances*. 2020. N 10. P. 14581–14594.
7. *Mahjabin Bilal S., Abidi A.B.* Physiological and biochemical changes during seed deterioration: A review // *International Journal of Recent Scientific Research*. 2015. N 6 (4). P. 3416–3422.
8. *Robertson D.W., Lute A.M., Gardner R.* Effect of relative humidity on viability, moisture content and respiration of wheat, oats and barley in storage // *Journal of Agricultural Research*. 2021. N 59. P. 281–291.
9. *Suma A., Sreenivasan K., Singh A.* Role of relative humidity in processing and storage

of seeds and assessment of variability in storage behavior in *Brassica* spp. and *Eruca sativa* Hindawi Publishing Corporation // *The Scientific World Journal*. 2013. P. 9–19. DOI: 10.1155/2013/504141.

10. *Farag R.S.* Effects of fungal infection and agrochemicals on the chemical composition of some seeds and aflatoxin production (a review) // *Bulletin of Faculty of Agriculture, Cairo University*. 1990. N 41 (1). P. 43–61.
11. *Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Лантмиев А.Б.* Развитие химического метода защиты растений в России // *Защита и карантин растений*. 2021. № 4. С. 3–15.
12. *Санин С.С., Карлова Л.В., Кащеев А.В., Корнева Л.Г.* Экономические и агроэкологические аспекты химической защиты зерновых культур от вредных организмов // *Защита и карантин растений*. 2021. № 5. С. 3–13.
13. *Хохряков М.К., Доброзракова Т.Л., Степанов К.М., Летова М.Ф.* Определитель болезней растений: монография. СПб.: Лань, 2003. 592 с.

REFERENCES

1. Ashmarina L.F., Ermokhina A.I., Galaktionova T.A. Structure of micromycete complex of feed crops in the forest-steppe of Western Siberia. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2018, no. 3, pp. 44–52. (In Russian).
2. Ashmarina L.F., Agarkova Z.V., Konyayeva N.M., Gorobei I.M., Davydova N.V. Phytosanitary situation in fodder crops agroecosystems in forest-steppe of Western Siberia. *Zemledelie = Zemledelie*, 2015, no. 2, pp. 47–50. (In Russian).
3. Ashmarina L.F., Gorobei I.M., Konyayeva N.M., Agarkova Z.V. *Atlas of forage crop diseases in Western Siberia*. Novosibirsk, SO RASKhN Publ., 2010, 173 p. (In Russian).
4. Semenov A.Ya., Potlaichuk V.I. *Field crop seed diseases*. Leningrad, Kolos Publ., 1982, 128 p. (In Russian).
5. Niaz I., Dawar S., Sitara U. Effect of different moisture and storage temperature on seed borne mycoflora of maize. *Pakistan Journal of Botany*, 2011, no. 43, pp. 2639–2643.
6. Wang L. Guo Y., He X. Effects of deterioration and mildewing on the quality of wheat seeds with different moisture contents during storage. *RSC Advances*, 2020, no. 10, pp. 14581–14594.
7. Mahjabin Bilal S., Abidi A.B. Physiological and biochemical changes during seed deteriora-

- tion: A review. *International Journal of Recent Scientific Research*, 2015, no. 6 (4), pp. 3416–3422.
8. Robertson D.W., Lute A.M., Gardner R. Effect of relative humidity on viability, moisture content and respiration of wheat, oats and barley in storage. *Journal of Agricultural Research*, 2021, no. 59, pp. 281–291.
 9. Suma A., Sreenivasan K., Singh A. Role of relative humidity in processing and storage of seeds and assessment of variability in storage behavior in Brassica spp. and Eruca sativa Hindawi Publishing Corporation. *The Scientific World Journal*, 2013, pp. 9–19. DOI: 10.1155/2013/504141.
 10. Farag R.S. Effects of fungal infection and agrochemicals on the chemical composition of some seeds and aflatoxin production (a review). *Bulletin of Faculty of Agriculture, Cairo University*, 1990, no 41 (1), pp. 43–61.
 11. Dolzhenko V.I., Sukhoruchenko G.I., Lapatiev A.B. Development of chemical method of plant protection in Russia. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2021, no. 4, pp. 3–15. (In Russian).
 12. Sanin S.S., Karlova L.V., Kashcheev A.V., Korneva L.G. Economic and agro-ecological aspects of chemical control of cereals from pests. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2021, no.5, pp. 3–13. (In Russian).
 13. Khokhryakov M.K., Dobrozrakova T.L., Stepanov K.M., Letova M.F. *Key to Plant Diseases*. St. Petersburg, Lan' Publ., 2003, 592 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сурначева В.В., младший научный сотрудник

Казанцев М.П., лаборант-исследователь

Коробейников А.С., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

✉ **Ашмарина Л.Ф.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463;
e-mail: alf8@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

Victoriya V. Surnacheva, Junior Researcher

Mikhail P. Kazancev, Research Laboratory Assistant

Alexandr S. Korobejnikov, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

✉ **Ludmila F. Ashmarina**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: alf8@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 28.07.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 30.09.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-7>

УДК: 636.39.03;575.174.015.3

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

ЭКСТЕРЬЕРНЫЙ ПРОФИЛЬ ЗААНЕНСКИХ КОЗЛОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ГЕНОТИПАМИ ГЕНА *SPAG17*

✉ Позовникова М.В., Лейбова В.Б.

*Всероссийский научно-исследовательский институт генетики
и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального
исследовательского центра животноводства им. академика Л.К. Эрнста
Санкт-Петербург, Россия*

✉ e-mail: pozovnikova@gmail.com

Экстерьер формируется в процессе роста и развития животного и является отражением внешнего вида и пропорций тела. Значимую роль в формировании экстерьера играет генетический фактор. Белок спермо-ассоциированный антиген 17, кодируемый геном *SPAG17*, выполняет ряд важных биологических функций в процессе роста и развития организма млекопитающих, в том числе влияет на рост и развитие костей. Целью нашей работы был анализ полиморфных вариантов (indel) гена *SPAG17* в связи с показателями промеров тела половозрелых козлов зааненской породы. В выборку включены 43 козла в возрасте 3–5 лет, принадлежащих одному из племхозов Ленинградской области. Для выделения образцов ДНК использовали метод фенольной экстракции. Генотипирование проводили по rs659761737 (indel 14 п.н., интрон 22) и по rs647063466 (indel 17 п.н., интрон 47) гена *SPAG17* методом АС-ПЦР. Перед началом случного сезона однократно проводили обмер половозрелых козлов зааненской породы с вычислением индексов телосложения. Анализ частоты генотипов и аллелей показал, что по rs659761737 (indel 14 п.н.) генотип DD определен на уровне 0,186, ID – 0,419 и II – 0,395. Для rs647063466 (indel 17 п.н.) гена *SPAG17* отмечена противоположная картина. Частота генотипов DD, ID и II составила 0,326; 0,512 и 0,163 соответственно. Животные с генотипом II по rs659761737 (indel 14 п.н.) гена *SPAG17* имели достоверно высокие значения обхвата пясти ($p < 0,01$), особи с генотипом ID по rs647063466 (indel 17 п.н.) отличались высокими значениями индекса высоконогости ($p < 0,05$) и грудного индекса ($p < 0,05$). Полученные данные позволяют предположить, что изучаемые SNP гена *SPAG17* вносят существенный вклад в формирование экстерьерного профиля козлов зааненской породы.

Ключевые слова: зааненская порода коз, indel-полиморфизм, индекс, промеры тела

EXTERIOR PROFILE OF SAANEN GOATS WITH DIFFERENT GENOTYPES OF THE *SPAG17* GENE

Pozovnikova M.V., Leibova V.B.

✉ *Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst
Federal Research Center for Animal Husbandry
Saint Petersburg, Russia*

✉ e-mail: pozovnikova@gmail.com

The exterior is formed in the process of growth and development of the animal and is a reflection of the appearance and proportions of the body. Genetic factors play a significant role in the formation of the exterior. The protein sperm-associated antigen 17, encoded by the *SPAG17* gene, performs a number of important biological functions in the process of growth and development of the mammalian organism, as well as affecting the growth and development of bones. The aim of our

work was to analyze the polymorphic variants (indel) of the *SPAG17* gene in connection with the body measurements of mature Saanen goats. The sample included 43 goats aged 3-5 years from one of the breeding farms of the Leningrad region. Phenol extraction was used to isolate DNA samples. Genotyping was performed for rs659761737 (indel 14 bp, intron 22) and rs647063466 (indel 17 bp, intron 47) of the *SPAG17* gene by AS-PCR method. Before the start of the breeding season, sexually mature goats of the Saanen breed were once measured with the calculation of body built indices. The analysis of the genotypes and alleles frequency showed that, according to rs659761737 (indel 14 bp), the DD genotype was determined at the level of 0.186, ID - 0.419, and II - 0.395. For rs647063466 (indel 17 bp) of the *SPAG17* gene, the opposite pattern was observed. The frequency of DD, ID, and II genotypes was 0.326, 0.512, and 0.163, respectively. Animals with genotype II for rs659761737 (indel 14 bp) of the *SPAG17* gene had significantly high metacarpus girth values ($p < 0.01$), and the individuals with genotype ID for rs647063466 (indel 17 bp) were distinguished by high values of the index of leg height ($p < 0.05$) and chest index ($p < 0.05$). The obtained data suggest that the studied SNPs of the *SPAG17* gene make a significant contribution to the formation of the exterior profile of the Saanen goats.

Keywords: Saanen goats, indel-polymorphism, index, body measurements

Для цитирования: Позовникова М.В., Лейбова В.Б. Экстерьерный профиль зааненских козлов с различными генотипами гена *SPAG17* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 56–63. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-7>

For citation: Pozovnikova M.V., Leibova V.B. Exterior profile of Saanen goats with different genotypes of the *SPAG17* gene. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 56–63. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-7>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность.

Исследование выполнено в рамках ГЗ № 121052600354-7.

Acknowledgements.

The study was carried out as part of GO No. 121052600354-7.

ВВЕДЕНИЕ

Молочное козоводство России – успешно развивающаяся и перспективная отрасль молочного скотоводства. В 2020 г. среди всех пород коз 82,8% приходилось на животных зааненской породы при общей численности поголовья 17 901 гол¹. Для племенных животных важное значение имеет экстерьер, который формируется в процессе роста и развития животного и отражает внешний вид и пропорции тела. Экстерьер определяется породными особенностями и продуктивными качествами животного, а также является отражением биологической приспособленности организма к условиям окружающей среды. Племенное животное должно иметь правильные экстерьерные формы, отличаться крепкой конституцией².

Среди множества паратипических факторов ключевую регулирующую роль в формировании экстерьера играет генетический фактор. В настоящее время исследования по поиску и изучению генов-кандидатов, ассоциированных с различными фенотипами животных, актуальны, поскольку использование в селекции эффективных ДНК-маркеров может помочь селекционерам при отборе животных, обладающих высоким генетическим потенциалом [1].

Белок спермо-ассоциированный антиген 17, кодируемый геном *SPAG17*, выполняет множество биологических функций в процессе роста и развития организма млекопитающих. В ряде исследований показано, что он необходим для мужской фертильности, так как гомозиготные мутации в его

¹Сафина Г.Ф., Чернов В.В., Хатаев С.А., Хмелевская Г.Н., Степанова Н.Г., Пронин А.В., Баглай И.М. Ежегодник по племенной работе в овцеводстве и козоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2019 год). Лесные Поляны: Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, 2020. 344 с.

²Царегородцева Е., Тоцев В. Козоводство. Учеб. пособие для вузов. Litres, 2021. 361 с.

экзонах достоверно связаны с выраженной астенозооспермией [2]. Также он играет значимую роль в выживаемости новорожденных особей и влияет на рост и развитие костей [3]. Некоторые SNP гена *SPAG17* были ассоциированы с идиопатически низким ростом у людей [4]. Последние исследования, подтверждают, что некоторые полиморфные варианты этого гена ассоциированы с промерами тела [5] и фертильностью коз [6]. Таким образом, ген *SPAG17* можно считать перспективным геном-кандидатом в селекции сельскохозяйственных животных.

Цель работы – дать анализ полиморфных вариантов (indel) гена *SPAG17* в связи с показателями промеров тела половозрелых козлов зааненской породы.

Задачи исследования:

- выполнить обмер половозрелых козлов зааненской породы с вычислением индексов телосложения у половозрелых козлов;
- провести генотипирование животных по indel-полиморфным вариантам гена *SPAG17*; оценить частоту генотипов и аллелей;
- изучить связь различных генотипов гена *SPAG17* с показателями промеров и индексов телосложения животных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования была ДНК, выделенная из венозной крови половозрелых козлов возраста 3–5 лет ($n = 43$), принадлежащих одному из племхозов Ленинградской области. Для выделения образцов ДНК использовали метод фенольной экстракции. Генотипирование по гену *SPAG17* по rs659761737 (indel 14 п.н.) и по

rs647063466 (indel 17 п.н.) проводили методом АС-ПЦР (см. табл. 1) [5]. ПЦР осуществляли на амплификаторе Thermal Cycler T100 (Bio-Rad, США).

Промеры тела у козлов измеряли однократно перед началом случного сезона (июль). Измеряли в сантиметрах высоту в холке, высоту в крестце, глубину груди, ширину груди, обхват груди, обхват пясти, косую длину туловища. Дополнительно рассчитаны основные индексы телосложения в процентах³. На момент исследования все животные находились в одинаковых условиях содержания и кормления.

Для обработки полученных цифровых данных использовали программу STATISTICA 13 Dell Inc (2016, software.dell.com). Достоверность различия сравниваемых значений оценивали с использованием критерия Краскела – Уолеса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Информацию по генотипам животных получали на основании анализа данных электрофореграмм (см. рис. 1, 2).

В анализируемой группе животных по двум изучаемым SNP определено три генотипа. По rs659761737 (indel 14 п.н.) для варианта Ins (аллель I) определялся фрагмент размером 183 п.н., для варианта Del (аллель D) – фрагмент размером 169 п.н. По rs647063466 (indel 17 п.н.) аллелю I соответствовал фрагмент длиной 241 п.н., для аллеля D – длиной 224 п.н. Анализ частоты генотипов и аллелей по гену *SPAG17* показал, что по rs659761737 определена низкая частота аллеля D и только 18,6% животных имели

Табл. 1. Характеристика праймеров, условия ПЦР

Table 1. Characterization of primers, PCR conditions

SNP	Праймер	Положение	Температура отжига праймеров	Аллель	Размер ПЦР-продукта
rs659761737 (indel 14 п.н.)	F:GAGGGAATGTGAGCAGGAT R:TTGATGACAAGGAAGGGA	Интрон 22	58–60 °C	I D	183 п.о. 169 п.о.
rs647063466 (indel 17 п.н.)	F:AAGTTCAGGGAGTGTTAAGGA R:CTGTGCCAGACAGATGGTC	Интрон 47		I D	241 п.о. 224 п.о.

³Куликова Н.И. Овцеводство и козоводство: учеб.-метод. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2017. 193 с.

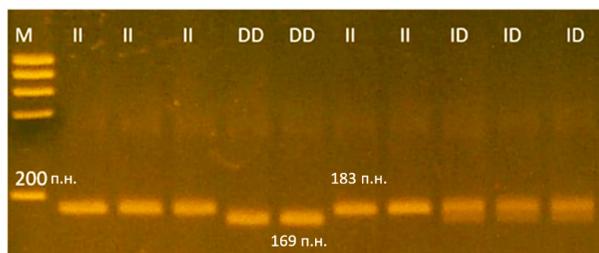


Рис. 1. Электрофореграмма фрагментов ДНК по rs659761737 гена *SPAG17* (indel 14 п.н.). М-маркер BIORON GmbH ДНК-маркер 100bp + (100bp plus DNA Ladder ready-to-use, Медиген)

Fig. 1. Electropherogram of DNA fragments at rs659761737 of the *SPAG17* gene (indel 14 bp). M-marker BIORON GmbH DNA marker 100bp+ (100bp plus DNA Ladder ready-to-use, Medigen)

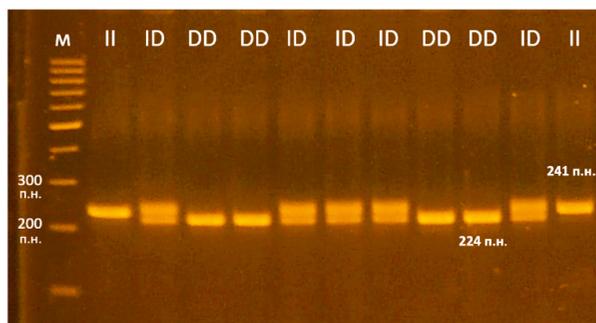


Рис. 2. Электрофореграмма фрагментов ДНК по rs647063466 гена *SPAG17* (indel 17 п.н.). М-маркер 50 + bp DNA Ladder (Евроген)

Fig. 2. Electropherogram of DNA fragments at rs647063466 of the *SPAG17* gene (indel 17 bp). M-marker 50 + bp DNA Ladder (Evrogen)

гомозиготный генотип DD (см. табл. 2). Для rs647063466 гена *SPAG17* наблюдалась противоположная картина и всего 16,3% особей имели гомозиготный генотип II.

Сравнительный анализ средних значений показателей промеров по rs659761737 гена *SPAG17* показал, что животные с генотипом II по показателю обхвата пясти достоверно превосходили животных других групп ($p < 0,01$, $p < 0,05$) (см. табл. 3).

Анализ данных по rs647063466 гена *SPAG17* показал, что животные с генотипом ID отличались меньшими значениями глубины груди ($p < 0,01$), но характеризовались большими значениями индексов грудного и высоконогости ($p < 0,05$) в сравнении с особями с генотипом DD (см. табл. 4).

Результаты наших исследований показали, что в анализируемой выборке козлов зааненской породы определена высокая частота

аллеля I по rs659761737 (indel 14 п.н.) и аллеля D по rs647063466 (indel 17 п.н.) гена *SPAG17*. Имеющиеся литературные данные указывают, что распределение частот аллелей зависит от породы и направления продуктивности коз, что может свидетельствовать о значительном вкладе анализируемых полиморфных вариантов гена *SPAG17* при формировании экстерьера животных. В исследованиях S. Zhang et al. (2019 г.) анализировали две местные популяции коз, таких как белые кашемировые козы мясошерстного типа продуктивности и хайнаньские черные козы мясного направления продуктивности. Результаты показали, что в группе белых кашемировых коз определена высокая частота аллеля D и генотипа DD как по indel 14 bp, так и по indel 17 bp гена *SPAG17* (0,917 и 0,847; 0,787 и 0,610 соответственно). Однако животные с генотипом II по

Табл. 2. Распределение частот генотипов и аллелей гена *SPAG17* в анализируемой группе животных
Table. 2. Frequency distribution of *SPAG17* genotypes and alleles in the analyzed group of animals

SNP	n	Частота генотипов		Частота аллелей	
rs659761737 (indel14 п.н.)	8	DD	0,186	I	0,605
	18	ID	0,419	D	0,395
	17	II	0,395		
rs647063466 (indel17 п.н.)	14	DD	0,326	I	0,419
	22	ID	0,512	D	0,581
	7	II	0,163		

Табл. 3. Средние значения промеров тела козлов с различными генотипами гена *SPAG17* (rs659761737, indel 14 bp)

Table 3. Mean measurements of the goats body with different genotypes of the *SPAG17* gene (rs659761737, indel 14 bp)

Показатель (Mean ± Std.Err)	Генотип		
	DD	ID	II
	n = 8	n = 18	n = 17
Высота, см:			
в холке	84,06 ± 2,00	89,10 ± 1,32	87,56 ± 1,87
в крестце	84,06 ± 2,00	87,17 ± 0,81	88,11 ± 1,38
Косая длина туловища, см	98,31 ± 2,60	100,53 ± 1,17	101,59 ± 1,56
Глубина груди, см	41,88 ± 1,59	42,50 ± 0,59	41,79 ± 0,49
Ширина груди, см	26,81 ± 0,70	26,88 ± 0,60	27,47 ± 0,52
Обхват, см:			
груди	112,75 ± 2,60	115,0 ± 1,088	114,18 ± 1,24
пясти	11,50 ± 0,19 ^{a, c}	12,03 ± 0,15 ^d	12,39 ± 0,19 ^b
Индекс, %:			
растянутости	117,12 ± 2,71	113,00 ± 1,07	117,05 ± 3,71
грудной	64,31 ± 1,40	63,26 ± 1,06	65,90 ± 1,51
высоконогости	49,96 ± 2,36	52,18 ± 0,80	51,85 ± 1,41
костистости	13,73 ± 0,38	13,56 ± 0,30	14,25 ± 0,36
компактности	114,97 ± 2,68	114,66 ± 1,37	112,65 ± 1,47
массивности	134,56 ± 4,14	129,52 ± 1,81	131,31 ± 3,07

Примечание. а, b при $p < 0,01$; c, d при $p < 0,05$.

Табл. 4. Средние значения промеров козлов с различными генотипами гена *SPAG17* (rs647063466, indel 17 bp)

Table 4. Mean measurements of the goats body with different genotypes of the *SPAG17* gene (rs647063466, indel 17 bp)

Показатель (Mean ± Std.Err)	Генотип		
	DD	ID	II
	n = 14	n = 22	n = 7
Высота, см:			
в холке	86,75 ± 2,22	87,97 ± 1,22	87,86 ± 2,43
в крестце	87,11 ± 1,10	86,50 ± 1,12	88,11 ± 2,30
Косая длина туловища, см	102,21 ± 1,49	100,09 ± 1,36	98,57 ± 2,09
Глубина груди, см	43,35 ± 0,83 ^b	41,02 ± 0,49 ^a	43,01 ± 0,89
Ширина груди, см	26,90 ± 0,44	26,99 ± 0,43	27,86 ± 1,45
Обхват, см:			
груди	114,07 ± 1,62	114,45 ± 1,12	114,21 ± 1,76
пясти	11,93 ± 0,22	12,21 ± 0,16	11,93 ± 0,23
Индекс, %			
растянутости	119,02 ± 4,23	113,96 ± 1,35	112,49 ± 2,61
грудной	62,23 ± 1,13 ^c	65,90 ± 1,07 ^d	64,64 ± 2,46
высоконогости	49,59 ± 1,69 ^c	53,20 ± 0,84 ^d	50,82 ± 1,65
костистости	13,89 ± 0,49	13,92 ± 0,21	13,65 ± 0,50
компактности	111,75 ± 1,61	114,61 ± 1,27	116,12 ± 2,60
массивности	132,57 ± 3,84	130,46 ± 1,66	130,58 ± 4,03

Примечание. а, b при $p < 0,01$; c, d при $p < 0,05$.

двум *indel*-полиморфизмам достоверно отличались более крупным телосложением и имели высокие значения по высоте в холке, ширине в груди и длине тела. Хайнаньские черные козы отличались равномерным распределением аллелей по анализируемым *indel*-полиморфным локусам. Животные с различными генотипами достоверно не различались по анализируемым показателям. Полученные в нашем исследовании данные показателей промеров тела половозрелых козлов зааненской породы свидетельствуют о том, что животные правильно развиты и соответствуют молочному типу продуктивности. По *indel* 14 п.н. гена *SPAG17* животные с генотипом II отличались достоверно высокими значениями обхвата пясти. По данному показателю судят по общей крепости конституции животного, с которой в той или иной мере могут быть связаны фертильность и жизнеспособность особей. По данным работы [7], показатель обхвата пясти быков имел значимую генетическую корреляцию с показателями удоя дочерей за 305 дней лактации ($r = 0,460$), что, по мнению автора, свидетельствует о том, что животные с крепкой конституцией имеют высокую адаптационную способность.

В нашем исследовании животные с генотипом ID по *indel* 17 п.н. гена *SPAG17* отличались высокими значениями индексов грудного и высоконогости, что указывает на то, что животные крупные и имеют хорошо развитую грудную клетку. Показатели промеров грудной клетки являются в первую очередь отражением интенсивности развития осевого скелета животного. Для коз молочных пород развитая грудная клетка свидетельствует о потенциале животных к высокой молочной продуктивности [8]. В исследованиях [7] показатель обхвата груди быков имел положительную корреляцию с удоем дочерей.

В племенном козоводстве показатели экстерьера животных являются отражением стандартов породы и неотъемлемой частью селекции при разработке критериев отбора и подбора. По данным исследования [9], у коз зааненской породы основные показателя

промеров имеют достоверно положительную связь с удоем животных. Подобные данные получены и на других породах коз. Линейные промеры тела положительно коррелировали с молочной продуктивностью у индонезийских коз Этава [10], аборигенных турецких коз Килис [11] и у бедуинских коз пустыни Сахара [12]. В связи с этим отбор на племя крупных особей позволит повысить молочную продуктивность стада.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Варианты *indel*-полиморфизма гена *SPAG17* ассоциированы с некоторыми показателями экстерьера половозрелых козлов зааненской породы. Животные с генотипом II по rs659761737 (*indel* 14 п.н.) гена *SPAG17* имели достоверно высокие значения обхвата пясти, особи с генотипом ID по rs647063466 (*indel* 17 п.н.) отличались высокими значениями индекса высоконогости и грудного индекса. Полученные данные позволяют предположить, что мутации *indel* в гене *SPAG17* можно использовать в качестве ДНК-маркера в рамках маркер-спутывающей селекции в козоводстве для получения крупных животных с высоким потенциалом молочной продуктивности. Однако эти данные являются предварительными, так как получены на небольшом поголовье козлов и требуют дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zonaed Siddiki A.M.A.M., Miah G., Islam M.S., Kumkum M., Rumi M.H., Baten A., Hosain M.A Goat genomic resources: the search for genes associated with its economic traits // International Journal of Genomics. 2020. Vol. 1. P. 1–13. DOI: 10.1155/2020/5940205.
2. Xu X., Sha Y.W., Mei L.B., Ji Z.Y., Qiu P.P., Ji H., Wang T., Li L. A familial study of twins with severe asthenozoospermia identified a homozygous SPAG17 mutation by whole-exome sequencing // Clinical genetics. 2018. Vol. 93. N. 2. P. 345–349. DOI: 10.1111/cge.13059.
3. Teves M.E., Sundaresan G., Cohen D.J., Hyzy S.L., Kajan I., Maczisz M., Zhang Z., Costanzo R.M., Zweit J., Schwartz Z., Boyan B.D., Strauss III J.F. Spag17 deficiency results in skeletal malformations and bone abnor-

- malities // PLoS One. 2015. Vol. 10. N 5. DOI: 10.1371/journal.pone.0125936.
4. Kim J., Lee H., Park T., Kim K., Lee J., Cho N., Shin C., Cho Y., Lee J., Han B., Yoo H., Lee J. Identification of 15 loci influencing height in a Korean population // *Journal of Human Genetics*. 2010. N 55. P. 27–31. DOI: 10.1038/jhg.2009.116.
 5. Zhang S., Jiang E., Wang K., Zhang Y., Yan H., Qu L., Chen H., Lan X., Pan C. Two insertion/deletion variants within SPAG17 gene are associated with goat body measurement traits // *Animals*. 2019. Vol. 9. N 6. P. 379. DOI: 10.3390/ani9060379.
 6. Zhang X., Zhang S., Tang Q., Jiang E., Wang K., Lan X., Pan C. Goat sperm associated antigen 17 protein gene (SPAG17): Small and large fragment genetic variation detection, association analysis, and mRNA expression in gonads // *Genomics*. 2020. Vol. 112. N 6. P. 5115–5121. DOI: 10.1016/j.ygeno.2020.09.029.
 7. Ляшук Р.Н., Шендаков А.И., Шендакова Т.А. Селекционно-генетическая оценка бычков-производителей по потенциалу молочной продуктивности // *Сельскохозяйственная биология*. 2008. № 4. С. 23–29.
 8. Владимиров Н., Зуева Е.М. Некоторые экстерьерные особенности молочных коз с учетом лактации // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2017. Т. 1. № 147. С. 100–104.
 9. Свяженина М.А. Экстерьер и некоторые особенности продуктивности коз зааненской породы в Тюменской области // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2018. № 4 (53). С. 154–159. DOI: 10.24411/2078-1318-2018-14154.
 10. Winaya A., Prihartini I., Ramadhan S.W., Adhim A., Rico M. Linear Body Measurement of Indonesian Etawah Crossbred Goat [*Capra aegagrus hircus* (Linnaeus, 1758)] and Its Relationship with Milk Production Ability // *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: B. Life and Environmental Sciences*. 2017. Vol. 54. N 4. P. 301–309.
 11. Tilki H.Y., Keskin M.K. Relationships between different body characteristics and milk yield traits in Kilis goats // *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 2021. Vol. 26. N 2. P. 272–277. DOI: 10.37908/mkutbd.893730.
 12. Kouri F., Charallah S., Kouri A., Amirat Z., Khammar F. Milk production and its relationship with milk composition, body and udder morphological traits in Bedouin goat reared under arid conditions // *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2019. Vol. 41. N 1. DOI: 10.4025/actascianimsci.v41i1.42552.
- ## REFERENCES
1. Zonaed Siddiki A.M.A.M., Miah G., Islam M.S., Kumkum M., Rumi M.H., Baten A., Hossain M.A. Goat genomic resources: the search for genes associated with its economic traits. *International Journal of Genomics*, 2020, vol. 1, pp. 1–13. DOI: 10.1155/2020/5940205.
 2. Xu X., Sha Y.W., Mei L.B., Ji Z.Y., Qiu P.P., Ji H., Wang T., Li L. A familial study of twins with severe asthenozoospermia identified a homozygous SPAG17 mutation by whole-exome sequencing. *Clinical genetics*, 2018, vol. 93, no. 2, pp. 345–349. DOI: 10.1111/cge.13059.
 3. Teves M.E., Sundaresan G., Cohen D.J., Hyzy S.L., Kajan I., Maczys M., Zhang Z., Costanzo R.M., Zweit J., Schwartz Z., Boyan B.D., Strauss III J.F. Spag17 deficiency results in skeletal malformations and bone abnormalities. *PLoS One*, 2015, vol. 10, no. 5. DOI: 10.1371/journal.pone.0125936.
 4. Kim J., Lee H., Park T., Kim K., Lee J., Cho N., Shin C., Cho Y., Lee J., Han B., Yoo H., Lee J. Identification of 15 loci influencing height in a Korean population. *Journal of Human Genetics*, 2010, no. 55, pp. 27–31. DOI: 10.1038/jhg.2009.116.
 5. Zhang S., Jiang E., Wang K., Zhang Y., Yan H., Qu L., Chen H., Lan X., Pan C. Two insertion/deletion variants within SPAG17 gene are associated with goat body measurement traits. *Animals*, 2019, vol. 9, no. 6, pp. 379. DOI: 10.3390/ani9060379.
 6. Zhang X., Zhang S., Tang Q., Jiang E., Wang K., Lan X., Pan C. Goat sperm associated antigen 17 protein gene (SPAG17): Small and large fragment genetic variation detection, association analysis, and mRNA expression in gonads. *Genomics*, 2020, vol. 112, no. 6. pp. 5115–5121. DOI: 1016/j.ygeno.2020.09.029.
 7. Lyashuk R.N., Shendakov A.I., Shendakova T.A. Selective-genetic estimation of bulls on milk productivity potential. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2008, no. 4. pp. 23–29. (In Russian).

8. Vladimirov N., Zueva E.M. Some body conformation features of dairy goats considering lactation. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2017, vol. 1, no. 147. pp. 100–104. (In Russian).
9. Svyazhenina M.A. Exterior and some features of the saanen breed goats productivity in the Tyumen region. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2018, no. 4 (53). pp. 154–159. (In Russian). DOI: 10.24411/2078-1318-2018-14154.
10. Winaya A., Prihartini I., Ramadhan S.W., Adhim A., Rico M. Linear Body Measurement of Indonesian Etawah Crossbred Goat [*Capra aegagrus hircus* (Linnaeus, 1758)] and Its Relationship with Milk Production Ability. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: B. Life and Environmental Sciences*, 2017, vol. 54, no. 4. pp. 301–309.
11. Tilki H.Y., Keskin M.K. Relationships between different body characteristics and milk yield traits in Kilis goats. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 2021, vol. 26, no. 2, pp. 272–277. DOI: 10.37908/mkutbd.893730.
12. Kouri F., Charallah S., Kouri A., Amirat Z., Khammar F. Milk production and its relationship with milk composition, body and udder morphological traits in Bedouin goat reared under arid conditions. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 2019, vol. 41, no. 1. DOI: 10.4025/actascianimsci.v41i1.42552.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Позовникова М.В.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, 55а; e-mail: pozovnikova@gmail.com

Лейбова В.Б., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; e-mail: leib1406@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Marina V. Pozovnikova**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 55a, Moscow highway, Pushkin, Saint-Petersburg, 196601, Russia; e-mail: pozovnikova@gmail.com

Victoria B. Leibova, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; e-mail: leib1406@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 25.05.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 06.06.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022

ОЦЕНКА МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА МОЛОКА КОЗ РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧИСЛА ЛАКТАЦИЙ

✉Забелина М.В.¹, Ледяев Т.Б.¹, Корнилова В.А.², Ловцова Л.Г.¹, Преображенская Т.С.¹

¹*Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова*

Саратов, Россия

²*Самарский государственный аграрный университет*

Самарская область, г. Кинель, Россия

✉e-mail: mvzabelina@mail.ru

Приведены результаты оценки динамики молочной продуктивности коз разных генотипов в зависимости от числа лактаций за 305 дней. Изучен уровень среднемесячных удоев. Для проведения опыта сформировали четыре группы коз зааненской и нубийской пород по 10 гол. в каждой. Начиная с 1-го месяца лактации во всех группах удой плавно увеличивался до 4-го месяца, затем к завершению лактации уменьшался. Максимальные среднемесячные удои приходились на 2–4-й месяцы лактации во всех четырех группах козоток. Наибольшие показатели по среднемесячным надоям были у коз всех генотипов и лактаций в 4-м месяце. Козы зааненской породы доминировали над козами нубийской по первой лактации на 14,43 кг, или 15,96%, по третьей – на 4,23 кг, или 4,48%. Исследованы показатели физико-химического и микробиологического состава молока коз зааненской и нубийской пород разного числа лактаций. Содержание основных питательных веществ молока: белка, жира и молочного сахара, а также минеральных веществ – выше у коз нубийской породы в обеих лактациях. Показатели плотности и кислотности козьего молока соответствовали ГОСТу. Точка замерзания образцов козьего молока коз обеих пород и лактаций колебалась в пределах 0,50–0,57 °С. Содержание соматических клеток в молоке коз обоих генотипов находилось в пределах от 128 до 1500 тыс./см³ и соответствовало нормам. Бактериальная обсемененность молока коз обеих пород и лактаций не превышала допустимых санитарных норм.

Ключевые слова: козы, зааненская порода, нубийская порода, молочная продуктивность, лактация, белок, молочный жир, лактоза

EVALUATION OF MILK PRODUCTIVITY AND MILK QUALITY OF GOATS OF DIFFERENT GENOTYPES DEPENDING ON THE NUMBER OF LACTATIONS

✉Zabelina M.V.¹, Ledyayev T.B.¹, Kornilova V.A.², Lovtsova L.G.¹, Preobrazhenskaya T.S.¹

¹*Saratov State Vavilov Agrarian University*

Saratov, Russia

²*Samara State Agrarian University*

Kinzel, Samara region, Russia

✉e-mail: mvzabelina@mail.ru

The results of assessing the dynamics of milk productivity of goats of different genotypes depending on the number of lactations in 305 days are presented. The level of average monthly milk yields was studied. Four groups of Saanen and Nubian breed goats of 10 animals each were formed for the experiment. Starting from the 1st month of lactation in all groups, milk yield increased continuously until the 4th month, and then went down by the end of lactation. The maximum average monthly milk yields were in the 2nd-4th months of lactation in all four groups of female goats. Average monthly milk yields were highest for goats of all genotypes and lactations in the 4th month. Saanen goats dominated over Nubian goats in the first lactation by 14.43 kg, or 15.96%, in the third by 4.23 kg, or 4.48%. The parameters of physicochemical and microbiological composition of the milk of Saanen and Nubian goats of different lactation numbers were studied. The content of the main milk nutrients: protein, fat and milk sugar, as well as minerals is higher in the Nubian goat breed in both lactations. The density and acidity of goat milk were in accordance with the GOST (All Union State standard). The freezing point of goat milk samples of both breeds and lactations ranged from 0.50-0.57 °C. The somatic cell content in the milk of goats of both genotypes ranged from 128

to 1500 thousand/cm³ and conformed to the standards. Bacterial contamination of milk of the goats of both breeds and lactations did not exceed permissible sanitary standards.

Keywords: goats, Saanen breed, Nubian breed, milk productivity, lactation, protein, milk fat, lactose

Для цитирования: Забелина М.В., Ледаев Т.Б., Корнилова В.А., Ловцова Л.Г., Преображенская Т.С. Оценка молочной продуктивности и качества молока коз разных генотипов в зависимости от числа лактаций // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 64–71. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-8>

For citation: Zabelina M.V., Ledyayev T.B., Kornilova V.A., Lovtsova L.G., Preobrazhenskaya T.S. Evaluation of milk productivity and milk quality of goats of different genotypes depending on the number of lactations. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 64–71. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-8>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Козоводческая отрасль – традиционный источник высококачественного молока и широкого ассортимента продуктов его переработки. Самой многочисленной и широко распространенной молочной породой коз в Российской Федерации считается зааненская, в последнее время – и нубийская порода. Козы этих пород, генотипов и популяций имеют неодинаковые показатели молочной продуктивности и качественных характеристик молока, поэтому встает вопрос о проведении комплексной оценки данных показателей с целью более детального и всестороннего применения в животноводческой отрасли [1–3].

В настоящее время козье молоко в мире пользуется повышенным спросом, что связано с высокой потребностью в экологически чистых и натуральных продуктах питания. Многочисленными исследованиями установлена и доказана высокая биологическая ценность именно козьего молока, поскольку по многим своим свойствам оно максимально приближено к женскому, следовательно, благотворно усваивается организмом не только взрослых людей, но и детским [4–8].

Цель исследования – изучить молочную продуктивность, физико-химические и микробиологические показатели молока коз разных генотипов в соответствии с числом лактаций.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена с 2020 по 2022 г. в Саратовском государственном аграрном университете им. Н.И. Вавилова. Исследования проводили на базе ООО «Зооцентр Гармония» (Саратовская область). Сформировали четыре группы коз зааненской и нубийской пород по 10 гол. в каждой. Все животные находились в конце 1-го и в начале 2-го месяца лактации. Условия кормления и содержания коз были идентичными. Рационы кормления составляли с учетом живой массы и продуктивности коз по нормам Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. Физико-химический состав молока, а также его свойства изучали по общепринятым методикам в учебной научно-испытательной лаборатории по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На молочную продуктивность, физико-химический и микробиологический состав, а также свойства молока оказывают влияние такие факторы, как порода, возраст, период лактации, состав рационов и др.

Данные по молочной продуктивности коз разных генотипов, приведенные Л.Н. Григорян и другими авторами [9], показывают, что высоким удоем за лактацию отличались козы в типе зааненской породы – 663 кг, вы-

соким содержанием жира в молоке характеризовались козы в типе нубийской породы – 5,68%. Козы в типе альпийской и ламанчской пород имели промежуточное значение.

С.А. Хататаев и др. [10] указывают, что на молочную продуктивность, состав и свойства молока коз кроме породы оказывает влияние период лактации, от которого зависит выход и качество готовых молочных продуктов. В их исследованиях анализ молочной продуктивности коз показал, что удой за 305 дней лактации у зааненок составил в среднем 630 кг при среднесуточном надое молока 2,15 кг, что для животных этой породы является вполне удовлетворительным.

Результаты эксперимента по молочной продуктивности коз приводят И.В. Засемчук и М.В. Берданова. В своей работе они отмечают, что по удою за 305 дней лактации козы зааненской породы превосходили сверстниц пород альпийской и ламанча на 78,61 и 23,87 кг соответственно [7].

В наших исследованиях динамика молочной продуктивности коз зааненской и ну-

бийской пород разных лактаций за 305 дней показала разный уровень среднемесячных удоев (см. табл. 1).

Зааненские козоматки лидировали по количеству надоев молока как за первую, так и за третью лактацию над козами нубийской породы. Эта разница составила по первой лактации 86,81 кг, по третьей – 24,86 кг ($p \geq 0,999$).

Начиная с 1-го месяца лактации по 4-й во всех группах удой плавно повышался, а к завершению лактации постепенно уменьшался. Максимальные среднемесячные удои приходились на 2–4-й месяцы лактации во всех четырех группах козоматок. Наибольшие показатели по среднемесячным надоям были у коз всех генотипов и лактаций в 4-м месяце. При этом козы зааненской породы доминировали над козами нубийской по первой лактации на 21,54 кг, или 25,05%, по третьей – на 7,23 кг, или 6,68% ($p \geq 0,999$).

Значительно более низкими и практически одинаковыми были среднемесячные удои в 8–10-м месяцах лактации у всех

Табл. 1. Динамика среднемесячных удоев коз разных генотипов и лактаций, кг ($n = 10$)

Table 1. Dynamics of average monthly milk yields of goats of different genotypes and lactations, kg ($n = 10$)

Показатель	Порода			
	зааненская		нубийская	
	Первая лактация	Третья лактация	Первая лактация	Третья лактация
1-й	48,46 ± 0,46***	54,51 ± 0,50	44,23 ± 0,35	53,48 ± 0,49
2-й	61,57 ± 0,65***	67,62 ± 0,62*	51,00 ± 0,60	65,25 ± 0,58
3-й	95,42 ± 0,81***	100,31 ± 0,99 **	76,83 ± 0,76	96,15 ± 0,78
4-й	107,53 ± 1,50***	115,47 ± 0,67 ***	85,99 ± 0,91	108,24 ± 0,61
5-й	63,14 ± 0,66***	70,23 ± 0,63*	55,86 ± 0,65	67,94 ± 0,59
6-й	56,12 ± 0,60***	62,17 ± 0,51*	47,42 ± 0,57	60,67 ± 0,48
7-й	47,64 ± 0,63***	53,67 ± 0,40	45,25 ± 0,56	52,54 ± 0,41
8-й	43,34 ± 0,58***	49,41 ± 0,34 *	38,00 ± 0,46	48,26 ± 0,36
9-й	30,27 ± 0,59***	36,15 ± 0,30***	26,16 ± 0,45	34,41 ± 0,32
10-й	22,12 ± 0,42***	26,57 ± 0,31 ***	18,06 ± 0,41	24,31 ± 0,29
За лактацию	575,61 ± 2,84***	636,11 ± 2,59 ***	488,80 ± 2,50	611,25 ± 2,44

* $p \geq 0,95$.

** $p \geq 0,99$.

*** $p \geq 0,999$.

групп. Минимальное значение среднемесячных удоев отмечено на 10-м месяце лактации у коз обоих генотипов, что объясняется сукозностью опытных животных, однако показатели у коз зааненской породы были лучше показателей коз нубийской. Их разница составила по первой лактации 4,06 кг, или 22,48%, по третьей – 2,26 кг, или 4,85% ($p \geq 0,999$).

Козы зааненской породы обеих лактаций по среднемесячному удою превосходили коз нубийской в 1-й месяц лактации на 9,56 и на 1,93%, во 2-й – на 20,73 и 3,63%, в 3-й – на 24,20 и 4,33%, 5-й – на 13,03 и 1,87%, 6-й – на 18,35 и 2,47%, 7-й – на 5,28 и 2,15%, 8-й – на 14,05 и 2,38%, 9-й – на 15,71 и 5,06%, 10-й – на 22,48 и 9,30% соответственно.

На протяжении всех 9 мес первой лактации отмечено достоверное превосходство ($p \geq 0,999$) коз зааненской породы над сверстницами нубийской, что по итогам первой лактации составило 86,81 кг ($p \geq 0,999$). Аналогичную закономерность наблюдали и по третьей лактации, однако на 7-м месяце лактации достоверной разницы между удоями коз обеих пород не отмечено. Однако по итогам третьей лактации зааненские козы имели превосходство над нубийскими аналогами почти на 25 кг ($p \geq 0,999$). Следует заметить, что в данном хозяйстве козы нубийской породы достаточно хорошо раздвигаются к третьей лактации, тогда их продуктивность уже меньше уступает козам зааненской породы.

Ряд авторов: И.В. Засемчук и М.В. Берданова [7], А.М. Карпеня и др. [1], А. Оразов и др. [11], А.Б. Оспанов и др. [12], Е.Л. Ревякин и др. [13], А.В. Ткачев [3], Н.Г. Чамурлиев и др. [14], А.П. Никитина и др. [15], Н.Г. Чамурлиев и др. [16] – считают, что при изучении молочной продуктивности коз крайне важно учитывать показатели физико-химического, микробиологического состава и свойств их молока, так как от них зависит пищевая ценность и качество приготавливаемых из него молочных продуктов.

Е.М. Щетинина и З.Р. Ходырева [17] приводят исследования по изучению качества козьего молока и отмечают, что наибольшим

содержанием белка в молоке отличаются козы нубийской породы по сравнению с чешской, зааненской и тоггенбургской.

Брюнчугин В.В. и Шуварики А.С. [18] отмечают, что наиболее высокое содержание сухих веществ молока в их эксперименте оказалось у коз нубийской породы. Они объясняют это тем, что у животных этой породы по сравнению с зааненской более высокий уровень в молоке массовой доли СОМО, жира и лактозы.

При определении пищевой ценности и технологических свойств козьего молока наиболее высокое содержание массовой доли жира, белка, казеина, сухих веществ, молочного сахара, минеральных веществ и СОМО установлено в молоке коз нубийской породы (см. табл. 2).

Молоко коз нубийской породы содержит больше сухого вещества, чем аналоги зааненской, в обе исследуемые лактации (см. табл. 2). Соответственно, и содержание основных питательных веществ молока: белка, жира и молочного сахара, а также минеральных веществ – выше у коз нубийской породы. Однако данные различия недостоверны. Тем не менее, они согласуются с исследованиями других ученых, подтверждающих более высокую жирность и содержание белка в молоке у коз нубийской породы.

Содержание питательных веществ в молоке коз зааненской и нубийской пород представлено на рисунке.

Плотность молока изучаемых пород коз составила от 1027,5 до 1029,0 кг/м³, что соответствует требованиям ГОСТ 32940–2014 «Молоко козье. Технические условия», при этом у нубийской породы данные по этому показателю были выше, чем у зааненских коз.

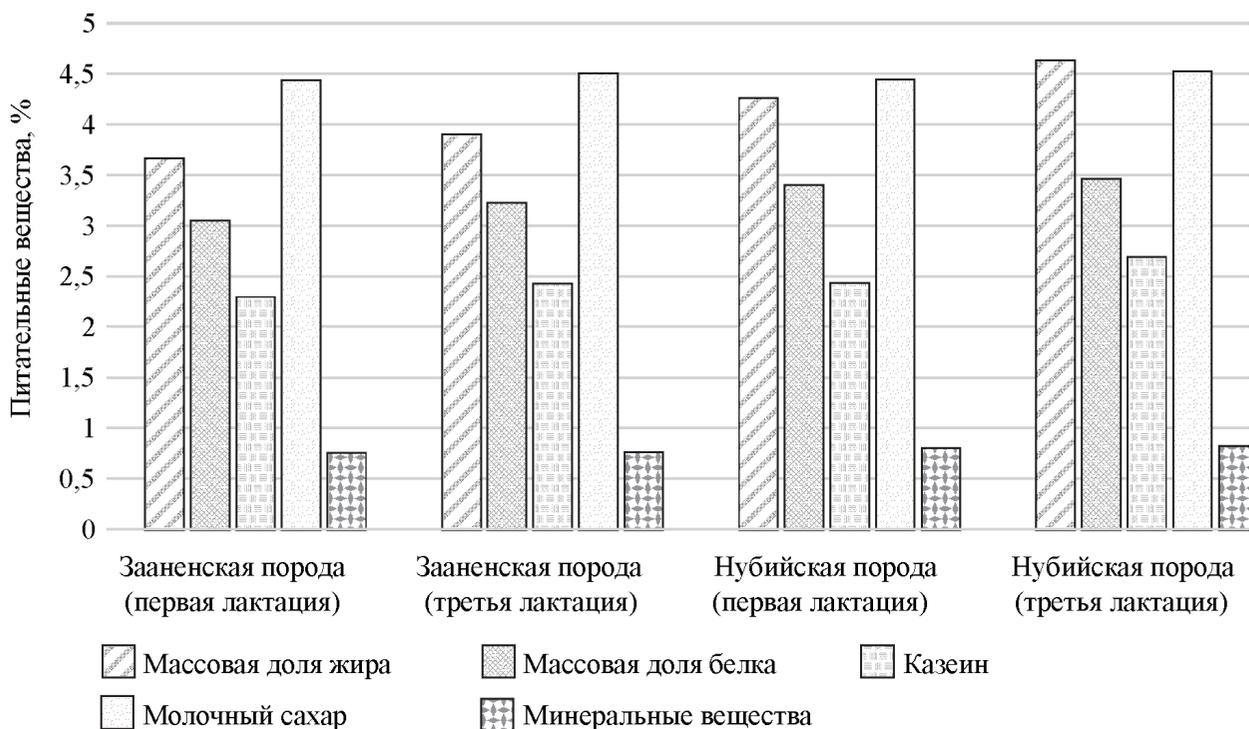
Наивысший показатель титруемой кислотности выявлен также у нубийских коз, что объясняется высоким содержанием в их молоке белковых веществ и минералов.

Точка замерзания – важный показатель при определении качества молока. Стандартом для молока крупного рогатого скота установлена температура замерзания от –0,52 до –0,55 °С. Когда точка замерзания находится в пределах 0 °С, есть основание по-

Табл. 2. Физико-химические и санитарно-гигиенические показатели молока подопытных коз ($n = 10$)
Table 2. Physico-chemical and sanitary-hygienic parameters of milk of experimental goats ($n = 10$)

Показатель	Порода			
	зааненская		нубийская	
	Первая лактация	Третья лактация	Первая лактация	Третья лактация
Сухое вещество, %	11,85 ± 0,17	12,34 ± 0,14	12,86 ± 0,19	13,39 ± 0,20
СОМО, %	8,20 ± 0,11	8,45 ± 0,09	8,61 ± 0,12	8,77 ± 0,10
Массовая доля жира, %	3,65 ± 0,08	3,89 ± 0,04	4,25 ± 0,05	4,62 ± 0,07
Массовая доля белка, %	3,04 ± 0,08	3,21 ± 0,09	3,39 ± 0,07	3,45 ± 0,06
Казеин, %	2,28 ± 0,07	2,41 ± 0,09	2,42 ± 0,06	2,68 ± 0,07
Молочный сахар, %	4,42 ± 0,17	4,49 ± 0,15	4,43 ± 0,15	4,51 ± 0,18
Минеральные вещества, %	0,74 ± 0,06	0,75 ± 0,04	0,79 ± 0,05	0,81 ± 0,03
Калорийность, ккал/100 г	64,53	67,75	68,93	74,23
Плотность молока, кг/м ³	1027,5 ± 0,11	1028,3 ± 0,13	1028,6 ± 0,12	1029,0 ± 0,13
Кислотность молока, ° Т	18,02 ± 0,36	18,34 ± 0,41	17,79 ± 0,38	18,36 ± 0,42
Температура замерзания, °С	-0,50	-0,52	-0,55	-0,57
Соматические клетки, тыс./см ³	438,4 ± 10,2***	442,6 ± 10,6***	515,3 ± 13,6***	524,6 ± 14,2***
Бактериальная обсемененность, тыс./см ³	До 300	До 300	До 300	До 300

*** $p \geq 0,999$.



Содержание питательных веществ в молоке коз разных генотипов, %
 The ratio of nutrients in the milk of goats of different genotypes, %

лагать, что оно разбавлено водой и его можно классифицировать как фальсифицированное. При определении точки замерзания образцов козьего молока коз обеих пород и лактаций она колебалась в пределах 0,50–0,57 °С. Следует отметить, что у молока нубийских коз она незначительно ниже, чем у зааненских.

Многочисленными исследованиями установлено [1, 19], что козье молоко содержит повышенное количество соматических клеток в отличие от коровьего. Известно, что такая особенность связана со своеобразным выделением молока из вымени коз. При выведении молока вместе с ним выделяются части клеточных оболочек, поэтому если применять тест для коровьего молока, то он выявит их дополнительно как соматические клетки. Нашими исследованиями установлено, что содержание соматических клеток в молоке коз обоих генотипов находится от 128 до 1500 тыс./см³ ($p \geq 0,999$) и соответствует санитарным нормам и требованиям ТУ 9837-001 для козьего молока высшего сорта.

Все мировые стандарты по оценке качества молока регламентируют уровень показателя обсемененности различными формами микроорганизмов, который достаточно информативно показывает, в каких санитарно-гигиенических условиях получено молоко [20].

Норма для бактериальной обсемененности составляет от 100 до 500 тыс./см³. Наши исследования показали, что бактериальная обсемененность молока коз обеих пород и лактаций не превышает допустимых санитарных норм.

ВЫВОДЫ

1. Молочная продуктивность зааненских коз по первой и третьей лактациям за 305 дней выше, чем у коз нубийской породы, на 15,08 и 3,91% соответственно.

2. Молоко коз нубийской породы в зависимости от числа лактаций по физико-химическому составу: содержанию массовой доли жира, белка, казеина, сухих веществ, молочного сахара и минеральных веществ – преобладает над молоком зааненских коз. Показатели плотности и кислотности козьего молока соответствовали ГОСТу. Температура замер-

зания молока у коз обеих пород и лактаций находилась в пределах допустимых значений для молока высшей категории. Соматические клетки и бактериальная обсемененность находились в границах санитарных норм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпеня А.М., Подрез В.Н., Карпеня С.Л., Шамич Ю.В. Содержание соматических клеток и бактериальная обсемененность молока при разных способах его первичной обработки // Ветеринарный журнал Беларуси. 2020. № 2 (13). С. 86–90.
2. Лукин И.И., Юлдашбаев Ю.А., Кульмакова Н.И. Технологические показатели козьего молока // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 5 (85). С. 227–230. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-227-230.
3. Ткачев А.В. Зоогигиеническая оценка бактериального загрязнения козьего молока Белгородской области // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2020. № 2 (16). С. 120–126.
4. Гаврилова Н.Б., Чернопольская Н.Л., Щетинина Е.М. Технологический потенциал козьего молока // Молочная промышленность. 2021. № 10. С. 56–58. DOI: 10.31515/1019-8946-2021-10-56-58.
5. Грибакин С.Г. Значение адекватного питания на ранних этапах развития ребенка. Новые аспекты применения детских молочных смесей на основе козьего молока // Вопросы современной педиатрии. 2021. Т. 20. № 6. С. 530–535. DOI: 10.15690/vsp.v20i6.2360.
6. Комарова О.Н. Возможные преимущества цельного козьего молока в детских адаптированных смесях для здорового ребенка // Лечащий врач. 2021. № 9. С. 9–14. DOI: 10.51793/OS.2021.24.9.002.
7. Засемчук И.В., Берданова М.В. Показатели молочной продуктивности коз разных пород // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2019. № 2-1 (32). С. 16–21.
8. Синявский Ю.А., Дерипаскина Е.А., Кучербаева М.М., Надирова С.А., Кенжебаева С.К., Туйгунов Д.Н. Разработка продуктов детского питания на основе козьего молока // Педиатрия и детская хирургия. 2020. № 1 (99). С. 32–38.
9. Григорян Л.Н., Хатаев С.А., Новопашина С.И. Молочное козоводство России и

- его племенная база // Зоотехния. 2021. № 1. С. 11–14. DOI: 10.25708/ZT.2020.25.96.003.
10. Хатамаев С.А., Приданова И.Е., Шувари-ков А.С., Пастух О.Н. Молочная продуктив-ность, состав и свойства молока коз заанен-ской породы в разные периоды лактации // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 4. С. 33–35.
11. Оразов А., Надточий Л.А., Сафронова А.В. Оценка биологической ценности молока сельскохозяйственных животных // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 3. С. 447–453. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-3-447-453.
12. Осанов А.Б., Кулжанова Б.О., Щетини-на Е.М., Велямов Ш.М., Макеева Р.К., Бек-турсунова М.Д. Исследование физико-хими-ческого состава и технологических свойств овечьего и козьего молока в летний период лактации // Хранение и переработка сельхоз-сырья. 2021. № 2. С. 64–74. DOI: 10.36107/srpf.2021.237.
13. Ревякин Е.Л., Мехрадзе Л.Т., Новопаш-ина С.И. Рекомендации по развитию козовод-ства: монография. М.: Росинформагротех, 2010. 120 с.
14. Чамурлиев Н.Г., Шперов А.С., Шенгелия И.С., Зыкова А.А., Чекунова А.Л. Молочная продук-тивность и качество молока коз зааненской породы разного типа телосложения // Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 3. С. 16–18. DOI: 10.26897/2074-0840-2020-3-16-18.
15. Никитина А.П., Ефимова И.О., Тихонова Г.П., Сергеева Н.С., Терентьева М.Г. Определение физико-химических показателей козьего и коровьего молока // Вестник Чувашской го-сударственной сельскохозяйственной акаде-мии. 2021. № 3 (18). С. 63–68.
16. Чамурлиев Н.Г., Шперов А.С., Шенгелия И.С., Зыкова А.А. Эффективность производства молока в зависимости от породной принад-лежности коз // Овцы, козы, шерстяное дело. 2021. № 1. С. 30–31. DOI: 10.26897/2074-0840-2021-1-30-31.
17. Щетинина Е.М., Ходырева З.Р. Исследования состава и свойств молока, полученного от разных пород коз // Вестник Алтайского госу-дарственного аграрного университета. 2014. № 4 (114). С. 159–163.
18. Брюнчугин В.В., Шуварики А.С. Оценка молочной продуктивности и некоторых тех-нологических показателей молока коз за-аненской, альпийской и нубийской пород // Зоотехния. 2012. № 6. С. 29–30.
19. Аспандиярова М.Т. Контроль качества молока по содержанию соматических клеток // Мо-лочная река. 2015. № 2 (58). С. 40–41.
20. Курак А. Пути снижения бактериальной об-семененности молока // Животноводство Рос-сии. 2014. № 1. С. 43–46.

REFERENCES

1. Karpenya A.M., Podrez V.N., Karpenya S.L., Shamich Yu.V. Somatic cell content and bacte-rial contamination of milk in different ways of its primary processing. *Veterinarnyi zhurnal Belarusi = Veterinary Journal of Belarus*, 2020, no. 2 (13), pp. 86–90. (In Belarus).
2. Lukin I.I., Yuldashbaev Yu.A., Kulmakova N.I. Technological parameters of goat milk. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrar-ian University*, 2020, no. 5 (85), pp. 227–230. (In Russian). DOI: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-227-230.
3. Tkachev A.V. Zoohygienic assessment of bacte-rial contamination of goat milk in the Belgorod re- gion. *Aktual'nye voprosy sel'skokhozyaistvennoi biologii = Actual issues in agricultural biology*, 2020, no. 2 (16), pp. 120–126. (In Russian).
4. Gavrilova N.B., Chernopolskaya N.L., Shchet- inina E.M. Technological potential of goat milk. *Molochnaya promyshlennost' = Dairy indus- try*, 2021, no. 10, pp. 56–58. (In Russian). DOI: 10.31515/1019-8946-2021-10-56-58.
5. Gribakin S.G. The role of adequate nutrition on early stages of child development. New aspects of goat milk-based infant formulas implementa- tion. *Voprosy sovremennoi pediatrii = Current Pediatrics*, 2021, vol. 20, no. 6, pp. 530–535. (In Russian). DOI: 10.15690/vsp.v20i6.2360.
6. Komarova O.N. Possible benefits of whole goat milk in infant formulas for a healthy baby. *Lechashchii vrach = Lechaschi Vrach*, 2021, no. 9, pp. 9–14. (In Russian). DOI: 10.51793/ OS.2021.24.9.002.
7. Zasemchuk I.V., Berdanova M.V. Indicators of milk productivity of goats of different breedsю *Vestnik Donskogo Gosudarstvennogo agrarno- go universiteta = Bulletin of Don State Agrar-ian University*, 2019, no. 2-1 (32), pp. 16–21. (In Russian).
8. Sinyavsky Yu.A., Deripaskina E.A., Kucherbae- va M.M., Nadirova S.A., Kenzhebaeva S.K., Tuynunov D.N. Development of baby food prod- ucts based on goat's milk. *Pediatriya i detskaya khirurgiya = Pediatrics and Children's Surgery*, 2020, no. 1 (99), pp. 32–38. (In Russian).

9. Grigoryan L.N., Khatataev S.A., Novopashina S.I. Dairy goat breeding in Russia and its breeding base. *Zootekhniya = Zootechniya*, 2021, no. 1, pp. 11–14. (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2020.25.96.003.
10. Khatataev S.A., Pridanova I.E., Shuvarikov A.S., Shepherd O.N. Milk productivity, composition and properties of milk of Saanen goats in different periods of lactation. *Ovtsy, kozy, sherstyanoie delo = Sheep, goats, woolen business*, 2015, no. 4, pp. 33–35. (In Russian).
11. Orazov A., Nadtochiy L.A., Safronova A.V. Assessing the biological value of milk obtained from various farm animals. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*, 2019, vol. 49, no. 3, pp. 447–453. (In Russian). DOI: 10.21603/2074-9414-2019-3-447-453.
12. Ospanov A.B., Kulzhanova B.O., Shchetinina E.M., Velyamov Sh.M., Makeeva R.K., Bektursunova M.D. The research of the physical-chemical composition and technological properties of sheep and goat milk during the summer period of lactation. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyry'a = Storage and processing of farm products*, 2021, no. 2, pp. 64–74. (In Russian). DOI: 10.36107/spfp.2021.237.
13. Revyakin E.L., Mekhradze L.T., Novopashina S.I. *Recommendations for the development of goat breeding*. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 2010, 120 p. (In Russian).
14. Chamurliiev N.G., Shperov A.S., Shengelia I.S., Zykova A.A., Chekunova A.L. Milk productivity and milk quality of Zaanen goats of different body types. *Ovtsy, kozy, sherstyanoie delo = Sheep, goats, woolen business*, 2020, no. 3, pp. 16–18. (In Russian). DOI: 10.26897/2074-0840-2020-3-16-18.
15. Nikitina A.P., Efimova I.O., Tikhonova G.P., Sergeeva N.S., Terentyeva M.G. Determination of physical and chemical indicators of goat and cow milk. *Vestnik Chuvashskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Chuvash State Agrarian University*, 2021, no. 3 (18), pp. 63–68. (In Russian).
16. Chamurliiev N.G., Shperov A.S., Shengelia I.S., Zykova A.A. Efficiency of milk production depending on the breed of goats. *Ovtsy, kozy, sherstyanoie delo = Sheep, goats, woolen business*, 2021, no. 1, pp. 30–31. (In Russian). DOI: 10.26897/2074-0840-2021-1-30-31.
17. Shchetinina E.M., Khodyreva Z.R. Study of milk composition and properties of different goat breeds. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2014, no. 4 (114), pp. 159–163. (In Russian).
18. Brunchugin V.V., Shuvarikov A.S. Estimation of dairy productivity and technological characteristics of Saanen, Alpine and Nubian goat breeds. *Zootekhniya = Zootechniya*, 2012, no. 6, pp. 29–30. (In Russian).
19. Aspandiyarova M.T. Quality control of milk by the content of somatic cells *Molochnaya reka = Milk River*, 2015, no. 2 (58), pp. 40–41. (In Russian).
20. Kurak A. Ways to reduce the bacterial contamination of milk. *Zhivotnovodstvo Rossii = Animal Husbandry of Russia*, 2014, no. 1, pp. 43–46. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Забелина М.В.**, доктор биологических наук, профессор; **адрес для переписки:** Россия, 410012, Саратов, Театральная площадь, 1, Саратовский ГАУ; e-mail: mvzabelina@mail.ru

Ледяев Т.Б., аспирант

Корнилова В.А., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Ловцова Л.Г., кандидат технических наук, доцент

Преображенская Т.С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

AUTHOR INFORMATION

✉ **Margarita V. Zabelina**, Doctor of Science in Biology, Professor; **address:** 1, Teatralnaya sq., Saratov SAU, Saratov, 410012, Russia; e-mail: mvzabelina@mail.ru

Timur B. Ledyayev, Postgraduate Student

Valentina A. Kornilova, Doctor of Science in Agriculture, Associate Professor

Larisa G. Lovtsova, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor

Tatyana S. Preobrazhenskaya, Candidate of Science in Agriculture, Associate Professor

Дата поступления статьи / Received by the editors 03.05.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 02.09.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022

ПАЗАРИТОЦЕНОЗЫ ДИКОЙ СВИНЬИ (*SUS SCROFA*) НА ТЕРРИТОРИИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

✉ Третьяков А.М.

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

✉ e-mail: tretyakoff752015@yandex.ru

Проведено комплексное ветеринарное исследование популяции дикой свиньи на территории Забайкальского края на гельминтозы и микробоносительство. Изучена гельминтофауна диких свиней, установлена циркуляция возбудителей бактериальных болезней в популяции этих животных. Объектом исследований стали материалы, полученные в полевых исследованиях в районах Забайкальского края. Изучение пораженности эндопаразитами проведено у 37 диких свиней в возрасте от 6 мес до 3 лет в течение 2019–2021 гг. На территории Забайкальского края зарегистрирована зараженность диких свиней восемью видами различных гельминтов. Максимальная экстенсивность инвазии (32,4%) зарегистрирована у *Setaria labiato-papillosa*. Дикие свиньи заражены как имагинальными гельминтами *Setaria labiato-papillosa*, *Metastrongylus elongatus*, *Ascaris suum*, *Trichocephalus suis*, *Oesophagostomum dentatum*, так и личинками гельминтов *Cysticercus tenuicollis* и *Cysticercus cellulosae*. Изучение морфологии половозрелых возбудителей свидетельствует о паразитировании у свиней гельминтов рода сетария, вида *Setaria labiato-papillosa*. Из 37 исследованных диких свиней у 12 животных зафиксирована ассоциативная инвазия сетариоз + аскаридоз, у трех свиней одновременно паразитировали аскариды + трихоцефалы, у двух животных зарегистрирована ассоциация сетариоз + метастронгилез. У пораженных ассоциативной инвазией свиней при органолептическом исследовании туши отмечено уменьшение в 2 раза и более толщины хребтового и бокового шпика в сравнении с агельминтными животными. У свиней, зараженных аскаридозом и метастронгилезом, из паренхиматозных органов выделены микробные культуры *S. typhimurium* и *E. rhusiopathiae*. В организме диких свиней зафиксированы паразитоценозы, сочленами которых являются разные виды гельминтов и гельминты + высокопатогенные бактерии.

Ключевые слова: дикая свинья, гельминтозы, патогенные бактерии, паразитоценоз

PARASITE CENOSES OF THE WILD PIG (*SUS SCROFA*) ON THE TRANS-BAIKAL TERRITORY

✉ Tretyakov A.M.

Research Institute of Veterinary Science of Eastern Siberia - Branch of the Siberian Federal
Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Chita, Trans-Baikal Territory, Russia

✉ e-mail: tretyakoff752015@yandex.ru

A comprehensive veterinary study of the wild pig population on the territory of the Trans-Baikal Territory for helminthiasis and microbial transmission was carried out. The helminth fauna of wild pigs was studied and the circulation of bacterial pathogens in the population of these animals was established. The object of the research were materials obtained in the field studies on the Trans-Baikal Territory districts. The study of endoparasite infestation was conducted in 37 wild pigs aged 6 months to 3 years during 2019-2021. Infestation of wild pigs with eight different types of helminths was registered on the Trans-Baikal Territory. The maximum extent of infestation (32.4%) was recorded in *Setaria labiato-papillosa*. Wild pigs are infected with both imaginal helminths *Setaria labiato-papillosa*, *Metastrongylus elongatus*, *Ascaris suum*, *Trichocephalus suis*, *Oesophagostomum dentatum*, as well as with helminth larvae *Cysticercus tenuicollis* and *Cysticercus cellulosae*. The study of the morphology of sexually mature pathogens indicates parasitization of helminths of the genus *Setaria labiato-papillosa* in pigs. Out of 37 wild pigs studied, the association infestation of setariosis + ascaridosis was recorded in 12 animals, three pigs were simultaneously parasitized by ascaridosis + trichocephalus, and two animals had the association of setariosis + metastrongylosis.

Organoleptic examination of carcasses of pigs affected by associative infestation showed a 2-fold or more reduction in the thickness of the backbone and side fat in comparison with helminth-free animals. In pigs infected with ascariidosis and metastrongylosis, microbial cultures of *S. typhimurium* and *E. rhusiopathiae* were isolated from paraenchymatous organs. Parasite ecosystems with different types of helminths and helminths + highly pathogenic bacteria have been recorded in the body of wild pigs.

Keywords: wild pig, helminthiasis, pathogenic bacteria, parasitocenosis

Для цитирования: Третьяков А.М. Паразитоценозы дикой свиньи (*Sus scrofa*) на территории Забайкальского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 72–78. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-9>

For citation: Tretyakov A.M. Parasite cenoses of the wild pig (*Sus scrofa*) on the Trans-Baikal Territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 72–78. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-9>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Дикая свинья (*Sus scrofa*) в Забайкальском крае распространена на всей территории и является обычным видом его фауны. От других охотничье-промысловых зверей, обитающих на территории края, свиньи отличаются всеядностью, большой плодовитостью и широкой экологической пластичностью [1–3]. Дикие свиньи – основной промысловый вид для многих охотничьих хозяйств Забайкалья.

Изучению гельминтофауны диких свиней как одного из ценных охотничье-промысловых животных посвящено множество научных работ в разных природно-климатических зонах Российской Федерации и за ее пределами¹ [1, 4–8]. В Казахстане у кабанов зарегистрировано 15 видов гельминтов: три вида трематод, два – цестод, девять – нематод и один вид скребней [9]. Т.Г. Мельникова установила, что в условиях Киргизии кабан является хозяином 21 вида гельминтов. В.А. Стрельчик с соавт. в Приморском крае отметили у кабана 11 видов паразитических червей. В средней полосе России также проводили исследования гельминтозов кабана. В.А. Ромашов дал анализ гельминтофауны кабана Воронежского заповедника. В Усманском бору он констатировал у кабана 12 видов гельминтов. На территории Национального парка «Лосиный остров» у кабанов

выявлено два вида трематод, пять – нематод и три вида простейших при экстенсивности инвазии 59% [10].

Ряд авторов [2, 11] указывают² на паразитирование у диких свиней 72 вида гельминтов, у домашних свиней – 98. В монографии А.И. Мозгового (см. сноску 1) указано, что мировая фауна насчитывает 139 видов гельминтов свиней. Причем, на территории бывшего СССР у домашних и диких свиней к 1967 г. зарегистрировано 78 видов паразитических червей: 53 вида у домашних свиней и 33 – у кабана.

В то же время следует отметить, что в научной литературе практически отсутствуют сведения об ассоциации в таксономическом отношении (вирусы, бактерии, простейшие, гельминты) паразитов у диких свиней. Отход от монистической точки зрения на заразные и инвазионные болезни и переход на понятие ассоциативные заболевания позволяют значительно ускорить дальнейшую разработку и широкое внедрение различных средств и методов борьбы с инфекционными и инвазионными заболеваниями (см. сноску 1) [12]. Все это требует комплексного подхода и разработки принципиально новых методов, позволяющих обеспечить постановку быстрой и точной диагностики болезней, вызванных участием разных видов организмов, стоящих на различных уровнях иерархической лестницы.

¹Мозговой А.И. Гельминты домашних и диких свиней и вызываемые ими заболевания. М.: Наука, 1967. С. 129–164.

²Паразитоценозы и ассоциативные болезни: сб. ст. М.: Колос, 1984. 302 с.

Изложенное выше указывает, что проблема паразитоценозов в патологии диких животных весьма актуальна, поскольку данные, полученные в результате комплексного изучения сочленов ассоциата, могут быть использованы для новых подходов к расшифровке патогенеза, своевременной диагностике, специфической профилактике и лечению ассоциативных болезней животных.

Цель исследования – дать комплексную гельминтологическую и микробиологическую оценку зараженности популяции диких свиней на территории Забайкальского края.

Задачи исследования – изучить гельминтофауну диких свиней; установить циркуляцию возбудителей бактериальных болезней в популяции диких свиней.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в Научно-исследовательском институте ветеринарии Восточной Сибири – филиале СФНЦА РАН. Основой работы являются материалы, полученные в полевых исследованиях в районах Забайкальского края. Изучение пораженности эндопаразитами проведено у 37 диких свиней в возрасте от 6 мес до 3 лет в течение 2019–2021 гг.

Гельминтологические исследования осуществлены с использованием общепринятых паразитологических методов (Дарлинга, Фюллеборна, ПГВ по К.И. Скрябину, метод гельминтоларвоскопии Бермана)³.

Микробные культуры культивировали в термостате (шкаф-термостат суховоздушный электрический 2Ц-405М) при температуре 37 °С с ежедневным просмотром в первые 5 дней. После выделения культуры описывали морфологические свойства колоний: форму, тип краев, профиль колоний, размеры. Методом раздавленной капли исследовали подвижность колоний, вновь окрашивали по Граму и микроскопировали. Выделенные культуры идентифицировали по культурально-биохимическим, тинкториальным и серологическим свойствам.

Микроскопическому исследованию подвергали мазки-отпечатки проб внутренних органов, которые получали после 3–4-крат-

ного прикосновения предметным стеклом к поверхности среза органа. Мазки готовили непосредственно из нативного материала и окрашивали по Граму, Романовскому-Гимза, Козловскому, Пешкову, Трухильо.

Вирулентность и патогенность культур изучали путем заражения лабораторных животных (белых мышей): внутрибрюшинно вводили по 1 см³ свежеприготовленной суспензии.

При выделении чистой культуры проводили идентификацию возбудителя по подвижности, ферментативным свойствам, пробой на каталазу, реакцией агглютинации с сывротками, чувствительностью к бактериофагам, посевом на элективные среды.

Подвижность определяли методом висячей и раздавленной капли, а также посевом методом укола в полужидкий МПА. Для этих целей использовали 18-часовую бульонную культуру, выращенную при комнатной температуре.

Для определения ферментативных свойств чистую бульонную культуру пересевали на пестрый ряд (11 сахаров). Посевы выдерживали в термостате при 37 °С.

Выделенную культуру идентифицировали на основе культурально-морфологических, биохимических, серологических и биологических свойств.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения циркуляции возбудителей инвазий подвергнуты полному гельминтологическому вскрытию (ПГВ) 37 диких свиней в возрасте от 6 мес до 3 лет, добытых на территории Забайкальского края в результате охоты. Из них были заражены различными видами гельминтов 17 особей (ЭИ 46%). Поскольку для исследования на трихинеллез в большинстве случаев предоставлялись лишь кусочки диафрагмы, исследованных туш было гораздо больше (272), чем при полном гельминтологическом вскрытии. На трихинеллез исследовано 272 туши, из них пораженными личинками оказались 2 (0,7%).

Как видно из таблицы, наибольшее распространение в популяции дикой свиньи на

³Котельников Г.А. Гельминтологические исследования животных и окружающей среды: монография. М.: Колос, 1983. 208 с.

Систематический состав гельминтов дикой свиньи на территории Забайкальского края
Systematic composition of wild pig helminths on the territory of the Trans-Baikal Territory

Вид гельминта	Место локализации	Число исследованных/ число пораженных особей, ЭИ, %
<i>Trichinella native</i>	Диафрагма	272/2 (0,7)
<i>Metastrongylus elongatus</i>	Бронхи	37/4 (11,4)
<i>Setaria labiato-papillosa</i>	Брюшная полость	37/12 (32,4)
<i>Ascaris suum</i>	Тонкий кишечник	37/4 (10,8)
<i>Trichocephalus suis</i>	Толстый кишечник	37/3 (8,1)
<i>Cysticercus tenuicollis</i>	Сальник, плевра	37/2 (5,4)
<i>Cysticercus cellulosae</i>	Мышцы	37/1 (2,7)
<i>Oesophagostomum dentatum</i>	Толстый кишечник	37/2 (5,4)

территории Забайкальского края из гельминтов имеет *Setaria labiato-papillosa*, экстенсивность которого составляет 32,4%. Основным источником заражения диких свиней сета-риозом, по нашему мнению, являются сельскохозяйственные животные, в частности крупный рогатый скот, в популяции которого на территории края отмечается стойкое неблагополучие по сета-риозу. Хотя в доступной литературе мы не обнаружили сведений о заболевании диких свиней сета-риозом, однако проведенные нами исследования, а именно изучение морфологии половозрелых возбудителей, свидетельствует о паразитировании у свиней гельминтов рода сета-рия, вида *Setaria labiato-papillosa*.

У более 10% обследованных особей дикой свиньи в бронхах обнаружены нематоды *Metastrongylus elongatus*. Метастронгилюсы выявлены у животных в возрасте до одного года, что совпадает с данными других исследователей по возрастной динамике метастронгилеза.

Аскариды обнаружены в тонком кишечнике у 10,8% от числа обследованных особей. Возраст пораженных аскаридозом животных колебался от 4 до 8 мес, у свиней старших возрастов аскариды не обнаружены. Необходимо отметить, что исследований поросят младше 4-месячного возраста не проводили по причине отсутствия материала. Определенную роль, по нашему мнению, в распространении аскаридоза играют подкормочные площадки, где происходит концентрация жи-

вотных. Кроме того, в почве, взятой на этих площадках, неоднократно обнаруживали яйца гельминта. Учитывая способность яиц длительное время (годами) оставаться жизнеспособными, охотничьи хозяйства должны проводить дегельминтизацию данных территорий и смену мест их расположения.

В толстом кишечнике у трех свиней старше года обнаружены власоглавы *Trichocephalus suis*, экстенсивность трихоцефалезной инвазии составила 8,1%.

Пораженность диких свиней *Cysticercus tenuicollis* составила 5,4%, такое же количество животных поражено кишечными стронгилятами *Oesophagostomum dentatum* (см. таблицу).

В сердечной мышце и скелетной мускулатуре одной свиньи обнаружены личинки свиного цепня *Cysticercus cellulosae*. Можно сделать вывод о наличии людей, зараженных тениозом.

Пораженность диких свиней трихинеллезом в крае довольно низкая и не превышает 0,7%. Из 272 исследованных туш личинки трихинелл обнаружены у двух животных. Однако риск заражения людей трихинеллезом даже в этом случае остается, если учесть тот факт, что ежегодно в крае добывается несколько сотен диких свиней.

Из 37 исследованных диких свиней у 12 животных зафиксирована ассоциативная инвазия сета-риоз + аскаридоз, у трех свиней одновременно паразитировали аскариды + трихоцефалы, у двух животных зарегистрирова-

на ассоциация сетариоз + метастронгилез. У пораженных ассоциативной инвазией свиней при органолептическом исследовании туши отмечено уменьшение в 2 раза и более толщины хребтового и бокового шпика в сравнении с агельминтными животными.

Наряду с исследованием гельминтоносительства мы изучили микробоносительство диких свиней. В результате выделен ряд бактерий, в том числе возбудителей болезней.

Культура *Erysipelothrix rhusiopathiae* выделена из легочной ткани и средостенных лимфоузлов свиньи (возраст 2 года), зараженной метастрогилюсами.

Морфологические свойства. Gr⁺ полиморфные, тонкие, слегка изогнутые палочки, неподвижные. Располагались одиночно и короткими цепочками.

Культуральные свойства. На МПБ вызывала незначительное помутнение и сероватый осадок. На МПА образовывала мелкие розинчатые колонии.

Биохимические свойства. Ферментировала с образованием кислоты без газа лактозу, глюкозу, мальтозу, сахарозу, рамнозу. Катазная реакция отрицательная, реакция с метилротом, нейтральротом отрицательная. Образовывала сероводород.

Биологическая проба. Гибель белых мышей отмечали на 3-и сутки.

Культура *E. coli* (серотип 08) выделена из содержимого желудочно-кишечного тракта свиньи (6 мес), зараженной аскаридами.

Морфологические свойства. При микроскопировании мазков обнаружены полиморфные Gr⁻ палочки, одиночные, подвижные.

Культуральные свойства. На МПА – крупные, белые, серо-белые колонии с ровными краями, на МПБ – равномерное помутнение, на среде Эндо – малиново-красные, с металлическим блеском колонии.

Биохимические свойства. Ферментировала с образованием кислоты и газа глюкозу, лактозу, маннит, сахарозу, не разлагала мочевины. Образовывала индол, не выделяла сероводород, тест на Фогес – Проскауэра отрицательный.

Биологическая проба. Не вызывала гибели мышей.

Серодиагностика. Реакция с поливалентной групповой O коли сывороткой I положительная.

Культура *S. typhimurium* выделена из паренхиматозных (легкие, селезенка) органов хрюка (8 мес), зараженного аскаридозом.

Морфологические свойства. Палочки Gr⁻, с закругленными концами, располагались одиночно, реже парами.

Культуральные свойства. При посеве на МПА образовывала нежные, гладкие, сочные колонии, в МПБ вызывала равномерное помутнение, на среде Эндо – прозрачные голубоватые колонии.

Биохимические свойства. Ферментировала глюкозу, мальтозу, сахарозу, не ферментировала лактозу и сахарозу. Выделяла сероводород. Не образовывала индол, молоко не свертывала, не разлагала желатин.

Серодиагностика. Реакция с сальмонеллезной сывороткой положительная (см. сноску 1) [12].

Биологическая проба. Гибель лабораторных мышей отмечали на 3-и сутки.

Таким образом, у диких свиней, обитающих на территории Забайкальского края, зарегистрированы ассоциации гельминтов и бактерий, в том числе патогенных. Выделены возбудители сальмонеллеза, эшерихиоза, рожи свиней, потенциально опасных возбудителей инфекций.

Возбудители рожи свиней выделены из легочной ткани, средостенных лимфоузлов свиньи, зараженной метастрогилюсами, и из возбудителей метастронгилеза. По данным Ю.Ф. Петрова [12], возбудители рожи свиней могут сохраняться в метастрогилюсах длительное время, не меняя морфологической структуры, культурных свойств. Однако по мере снижения защитных сил организма животного под действием нематод вирулентность *Erysipelothrix rhusiopathiae* и их количество могут резко возрастать до уровня патогенности. У свиней, зараженных аскаридозом, из легких и селезенки выделена микробная культура *S. typhimurium*.

По нашему мнению, занос бактерий в легкие, лимфатические узлы и другие паренхиматозные органы происходит на поверхности тел личинок гельминтов, в нашем случае – аскарид или метастрогилюсов из кишечника. В организме животных формируется паразитоценоз, сочленами которого являются гельминты и высокопатогенные бактерии.

Синергическое действие их ведет к очаговой или диффузной гнойно-катаральной бронхопневмонии с высокой летальностью животных.

ВЫВОДЫ

1. На территории Забайкальского края зарегистрирована зараженность диких свиней восемью видами различных гельминтов. Максимальная экстенсивность инвазии (32,4%) зарегистрирована у *Setaria labiatio-papillosa*. Дикие свиньи заражены как имагинальными гельминтозами (*Setaria labiatio-papillosa*, *Metastrongylus elongatus*, *Ascaris suum*, *Trichocephalus suis*, *Oesophagostomum dentatum*), так и личинками гельминтов *Cysticercus tenuicollis* и *Cysticercus cellulosae*.

2. Изучение морфологии половозрелых возбудителей инвазий свидетельствует о паразитировании у свиней гельминтов рода сетария, вида *Setaria labiatio-papillosa*. В доступной литературе мы не обнаружили сведений о заболевании диких свиней сетариозом.

3. Из 37 исследованных диких свиней у 12 животных зафиксирована ассоциативная инвазия сетариоз + аскаридоз, у трех свиней одновременно паразитировали аскариды + трихоцефалы, у двух животных зарегистрирована ассоциация сетариоз + метастронгилез. У пораженных ассоциативной инвазией свиней при органолептическом исследовании туши отмечено уменьшение в 2 раза и более толщины хребтового и бокового шпика в сравнении с агельминтными животными.

4. У свиней, зараженных аскаридозом и метастронгилезом, из паренхиматозных органов выделены микробные культуры *S. typhimurium* и *E. rhusiopathiae*.

5. В организме диких свиней зафиксированы паразитоценозы, сочленами которых являются разные виды гельминтов и гельминты + высокопатогенные бактерии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Говорка Я., Маклакова Л.П., Митух Я. Гельминты диких копытных Восточной Европы: монография. М.: Наука, 1988. 209 с.

2. Кирильцов Е.В. Распространение зооантропонозных гельминтозов диких животных на территории Забайкальского края // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. Ч. 2. № 1 (67). С. 9–12. DOI: 10.23670/IRJ.2018.67.011.
3. Черных В.Г., Кирильцов Е.В., Кирильцова В.А. Гельминтозы диких и домашних свиней Забайкальского края и меры борьбы с ними // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 6. С. 75–82. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-6-9.
4. Горохов В.В., Самойловская Н.А., Скира В.Н. Прогноз эпизоотической ситуации в Российской Федерации по основным гельминтозам животных // Российский паразитологический журнал. 2013. Вып. 4. С. 57–59.
5. Горохов В.В. Современная эпизоотическая ситуация и прогноз по основным гельминтозам животных в России на 2015 год // Российский паразитологический журнал. 2015. Вып. 1. С. 41–45. DOI: 10.12737/10225.
6. Литвинов В.Ф. Паразитоценозы и болезни диких животных Березинского заповедника // Паразитоценозы диких и домашних млекопитающих Белоруссии. Минск: Ураджай, 1984.
7. Уджмаджуридзе Л.М., Поцхверия Ш.О., Митичаивили Р.С., Килиптари Ц.В. Об эпизоотической ситуации по основным гельминтозам свиней разных пород в Грузии // Российский паразитологический журнал. 2018. № 4. С. 77-83. DOI: 10.31016/19988435-2018-12-4-77-83.
8. Орлова И.И., Белоусова И.Н., Буренок А.С., Глазкова Е.В. Результаты мониторинга паразитарной ситуации на особо охраняемых природных территориях центрального региона России (2014–2016 гг.) // Российский паразитологический журнал. 2017. № 2. С. 139–145.
9. Луницын В.Г., Михайлов В.И., Тишков М.Ю., Шмакова О.Н. Анализ эпизоотической ситуации по инвазионным болезням копытных охотничьего хозяйства // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 3. С. 55–59.
10. Самойловская Н.А. Паразитофауна кабанов в национальном парке «Лосиный остров» (Москва) // Российский паразитологический журнал. 2011. № 3. С. 17–19.
11. Архипов И.А., Емельянова Н.Б. Производственные испытания вигисола при немато-

дозах кабанов // Российский паразитологический журнал. 2009. № 2. С. 97–100.

12. Петров Ю.Ф. Паразитоценозы и ассоциативные болезни сельскохозяйственных животных: монография. Л.: Агропромиздат, 1988. 176 с.

REFERENCES

1. Govorka Ya., Maklakova L.P., Mitukh Ya. *Helminths of wild ungulates of Eastern Europe*. Moscow, Nauka Publ., 1988, 209 p. (In Russian).
2. Kiril'tsov E.V. Spreading of zoonotrophic helminthiases of wild animals on Transbaikal Territory. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal = International Research Journal*, 2018, part 2, no. 1 (67), pp. 9–12. (In Russian). DOI: 10.23670/IRJ.2018.67.011.
3. Chernykh V.G., Kiril'tsov E.V., Kiril'tsova V.A. Helminthiases of wild and domestic pigs of the Trans-Baikal Territory and measures to control them. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 6, pp. 75–82. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2020-6-9.
4. Gorokhov V.V., Samoilovskaya N.A., Skira V.N. The forecast of epizootic situation on the main helminthosis of animals in the Russian Federation. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2013, release 4, pp. 57–59. (In Russian).
5. Gorokhov V.V. Current epizootic situation and forecast for 2015 about main helminthosis in animals on the territory of Russia. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2015, release 1, pp. 41–45. (In Russian). DOI: 10.12737/10225.
6. Litvinov V.F. Parasitocenoses and diseases of wild animals of the Berezinsky Reserve. *Parazitotsenozы dikikh i domashnikh mlekopitayushchikh Belorussii = Parasitocenoses of wild and domestic mammals of Belarus*, Minsk, Uradzhai Publ., 1984. (In Belarus).
7. Udzhmadzhuridze L.M., Potskhveriya Sh.O., Mitichashvili R.S., Kiliptari Ts.V. About epizootic situation on major helminthoses of different breeds of pigs in Georgia. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2018, no. 4, pp. 77–83. (In Russian). DOI: 10.31016/19988435-2018-12-4-77-83.
8. Orlova I.I., Belousova I.N., Burenok A.S., Glazkova E.V. The results of monitoring of parasitic situation in the specially protected natural territories of the Central Region of Russia. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2017, no. 2, pp. 139–145. (In Russian).
9. Lunitsyn V.G., Mikhailov V.I., Tishkov M.Yu., Shmakova O.N. Analysis of the epizootic situation for invasive diseases of ungulates at a hunting farm. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2016, no. 3, pp. 55–59. (In Russian).
10. Samoilovskaya N.A. Fauna of parasites of wild boars in national park “Losinyj Island” (Moscow). *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2011, no. 3, pp. 17–19. (In Russian).
11. Arkhipov I.A., Emel'yanova N.B. Testing of Vigisol at nematodosis of wild boar in field trial. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2009, no. 2, pp. 97–100. (In Russian).
12. Petrov Yu.F. *Parasitocenoses and associative diseases of farm animals*. Leningrad, Agropromizdat Publ., 1988, 176 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Третьяков А.М.**, доктор ветеринарных наук, директор; **адрес для переписки:** Россия, 672039, Забайкальский край, Чита, ул. Кирова, 49; e-mail: tretyakoff752015@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alexei M. Tretyakov**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Director; **address:** 49, Kirova St., Chita, Trans-Baikal Territory, 672039, Russia; e-mail: tretyakoff752015@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 29.07.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 12.10.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022

ДИНАМИКА И ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СИБИРСКОЙ ЯЗВЫ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

✉ Лопсан Ч.О.

Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Республика Тыва, Кызыл, Россия

✉ e-mail: lopsan_chechek@mail.ru

Представлены результаты изучения эпизоотического благополучия в условиях резко континентального климата Восточной Сибири. Для проведения исследований использованы материалы статистических отчетностей управлений ветеринарии районов и Службы по ветеринарному надзору Республики Тыва, информация Госкомстата. Отмечено, что в течение изученного периода (1933–2022 гг.) регион официально считается стационарно неблагоприятным, сибирская язва зарегистрирована в 199 неблагоприятных пунктах на территории 13 административных районов и г. Кызыл. Причиной распространения эпизоотий является наличие большого количества почвенных очагов инфекции в регионе. В результате ретроспективного анализа динамики и особенностей проявления сибирской язвы по республике за десятилетние периоды установлено, что эпизоотии максимального уровня напряженности происходили в 1933–1982 гг. В последующие два десятилетия (1983–2002 гг.) зарегистрированы эпизоотии среднего уровня напряженности. Минимальный характер проявления эпизоотической ситуации по сибирской язве отмечен в последние два десятилетия (с 2003 по 2022 г.), что демонстрирует выраженную положительную динамику к тенденции снижения напряженности эпизоотической ситуации. Спорадические вспышки сибирской язвы происходят в настоящее время из-за активации почвенных очагов инфекции, что указывает на стационарное неблагоприятие региона. При районировании территории Республики Тыва по эпизоотической активности сибирской язвы за 1933–2022 гг. к первой группе районов (максимальной эпизоотической активности) относятся Барун-Хемчикский, Дзун-Хемчикский, Улуг-Хемский, Тес-Хемский, Тандинский, Эрзинский, Чаа-Холский, Овурский районы и территория г. Кызыл. Ко второй группе (со средним уровнем эпизоотической активности) – Бай-Тайгинский, Каа-Хемский, Пии-Хемский, Кызылский, Тоджинский районы. К третьей группе (с минимальным риском эпизоотической активности) относятся свободные от сибирской язвы Монгун-Тайгинский, Сут-Холский, Чеди-Холский и Тере-Холский районы.

Ключевые слова: сибирская язва, неблагоприятные пункты, степень благополучия, индекс эпизоотичности, эпизоотия, спорадические случаи

DYNAMICS AND PECULIARITIES OF ANTHRAX OCCURRENCE ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF TYVA

✉ Lopsan Ch.O.

Tuvinian Scientific Research Institute of Agriculture

Kyzyl, Republic of Tyva, Russia

✉ e-mail: lopsan_chechek@mail.ru

The results of the study of epizootic welfare in the sharply continental climate of Eastern Siberia are presented. Materials of statistical reports of the District Veterinary Departments and the Veterinary Supervision Service of the Republic of Tyva, and the information from the Goskomstat (State Statistics Committee) were used for the research. It was noted that during the period under study (1933-2022) the region was officially considered stationary unfavorable, anthrax was registered in 199 unfavorable points on the territory of 13 administrative districts and Kyzyl. The reason for the spread of epizootics was the presence of a large number of soil foci of infection in the region. As a result of a retrospective analysis of the dynamics and peculiarities of anthrax occurrence in the republic over the ten-year periods, it was established that the epizootics of maximum intensity occurred in 1933-1982. In the next two decades, 1983-2002, epizootics of medium intensity were recorded. Minimum character of anthrax epizootic situation is observed in the last two decades

from 2003 to 2022, which demonstrates a pronounced positive tendency to reduce the tension of the epizootic situation. Sporadic outbreaks of anthrax are currently occurring due to the activation of soil foci of infection, which indicates a stationary problem of the region. When zoning the territory of Tuva Republic according to anthrax epizootic activity for 1933-2022 the first group of districts (maximum epizootic activity) includes Barun-Khemchiksky, Dzun-Khemchiksky, Ulug-Khemsy, Tes-Khemsy, Tandinsky, Erzinsky, Chaa-Kholsky, Ovursky districts and the territory of Kyzyl. The second group (with an average level of epizootic activity) includes Bai-Taiginsky, Kaa-Khemsy, Pii-Khemsy, Kyzylsky and Todzhinsky districts. The third group (with minimal risk of epizootic activity) includes anthrax-free Mongun-Taiginsky, Sut-Holsky, Chedi-Holsky and Tere-Holsky districts.

Keywords: anthrax, permanently disadvantaged points, degree of distress, epizootic index, epizootic, sporadic cases

Для цитирования: Лопсан Ч.О. Динамика и особенности проявления сибирской язвы на территории Республики Тыва // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 79–88. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-10>

For citation: Lopsan Ch.O. Dynamics and peculiarities of anthrax occurrence on the territory of the Republic of Tyva. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 79–88. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-10>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние по сибирской язве в мире остается нестабильным, сибирская язва наблюдается во многих странах Азии, Южной Америки и Центральной Африки [1–3]. В России за 2013–2022 гг. данное заболевание зарегистрировано в Северо-Кавказском, Южном, Приволжском, Уральском, Сибирском федеральном округах (СФО). В СФО сибирская язва отмечена в южной части. Сибирский регион можно условно разделить на три группы эпизоотического неблагополучия по зарегистрированным случаям заболевания. К территориям с выраженным неблагополучием отнесены Алтайский и Забайкальский края, республики Бурятия и Тыва, Омская и Новосибирская области; средней степени – Республика Хакасия и Красноярский край, Иркутская и Тюменская области; относительно благополучные – Республика Алтай и Томская область [4, 5].

Сибирская язва (Anthrax) – опасная, общая для животных и человека инфекционная болезнь [6]. Возбудитель болезни *Bacillus anthracis* существует в двух основных формах – бациллярной и споровой. Источник возбудителя инфекции – больное животное.

Бациллы с биоматериалом больных животных во внешней среде в присутствии кислорода превращаются в споры, сохраняются в почве, являясь почвенными очагами и факторами заражения животных, что придает сибирской язве характер почвенно-очаговой стационарной инфекции [7]. Основной путь заражения животных – алиментарный, через корма и воду. Человек заражается при прямом или косвенном контакте с больными животными при обслуживании, убойе, разделке туш, проведении различных профессиональных действий [8, 9].

Цель исследований – изучение динамики и особенностей проявления сибирской язвы на территории Республики Тыва за 1933–2022 гг.

Задачи исследований – проведение ретроспективного анализа эпизоотической ситуации сибирской язвы с выявлением удельного веса степени неблагополучия и индекса эпизоотичности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объект исследований – сибирская язва на территории Республики Тыва. Для проведения исследований использованы материалы статистических отчетностей управлений ветеринарии.

ринарии районов и Службы по ветеринарному надзору Республики Тыва, информация Госкомстата. Для комплексного изучения динамики и особенностей проявления сибирской язвы использованы данные о количестве населенных и активных стационарных неблагополучных пунктов (СНП), административных районов, где происходили эпизоотии. Проанализированы сведения о количестве неблагополучных лет и повторов эпизоотий (с 1933 по 1972 г. по переписи населенных пунктов 1970 г.¹, с 1973 г. – в рамках переписи 2010 г., оставшихся неизменными с 2001 г.) методом хронологически последовательного отражения, с помощью которых выявлены показатели неблагополучия.

Удельный вес активных СНП (НБ)² характеризует широту распространения болезни в процентах, выражается отношением количества всех зарегистрированных СНП к общему количеству имеющихся населенных пунктов на административной территории, вычисляется по формуле

$$\text{НБ} = \frac{\text{Количество активных СНП}}{\text{Количество населённых пунктов}} \times 100.$$

Индекс эпизоотичности (ИЭ)³ характеризует напряженность эпизоотической ситуации во времени, выражается отношением числа лет, в течение которого наблюдали болезнь, к числу лет наблюдения и вычисляется по формуле

$$\text{ИЭ} = \frac{N}{T},$$

где N – число лет, в течение которого регистрировалась болезнь; T – число лет наблюдения.

Работа проведена на базе Тувинского научно-исследовательского института сельского хозяйства в 2022 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Климат Тувы резко континентальный. Основные природно-климатические зоны – тундровые плоскогорья с вечной мерзлотой, таежные массивы, соединяющиеся со степью и пустыней. Почва Тувы – горно-таежно-дерновые мерзлотные, горно-лесные-таежные, бурые горно-лесные, торфяно-болотные, черноземно-степные, черноземные лесостепные и др. Наиболее благоприятны для сохранения активности почвенных очагов сибирской язвы черноземы. Вспышки сибирской язвы часто отмечают и на темно-каштановых, каштановых и суглинистых почвах. Сохранение спор сибирской язвы в почве зависит от ее состава и свойств, наиболее благоприятной является влажная щелочная и богатая кальцием почвенная среда [10].

По административно-территориальному устройству в Республику Тыва со столицей г. Кызыл входят 18 административных единиц с 147 населенными пунктами. Сибирская язва за анализируемые 90 лет (1933–2022) зарегистрирована на территории 13 административных районов и г. Кызыл, что составляет 77,8% административной территории Республики Тыва. В масштабе республики активные проявления сибирской язвы отмечены 56 неблагополучных лет (в районах в общей сложности 126) в 199 активных неблагополучных пунктах. Степень неблагополучия (НБ) составила 135,4% (см. табл. 1), индекс эпизоотичности (ИЭ) 0,622 по республике, 1,4 в общей сложности по районам (см. табл. 2), по показателям которых десятилетние периоды разделены на три уровня: максимальной степени напряженности, где имеется от 8 до 11 неблагополучных районов, от 20 до 60 неблагополучных пунктов, с повторами эпизоотии от 8 до 10 неблагополучных лет по региону, от 18 до 26 по районам, степень НБ – от 13,6 до 40,8%, ИЭ – от 0,8 до 1,0 по региону, от 0,2 до 0,288 по районам – первые пять десятилетних периодов с 1933 по 1982 г.

¹Справочник населенных пунктов РСФСР, неблагополучных по сибирской язве. Методические рекомендации. М., 1976. Ч. 4. С. 194–200.

²Методы эпизоотологических исследований. Методические рекомендации С.И. Джупина, А.А. Колосов, РАСХН. Сибирское отделение, Новосибирск, 1991. 61 с.

³Сидорчук А.А., Воронин Е.С., Глушков А.А. Общая эпизоотология. М.: КолоС, 2005. 176 с.

Табл. 1. Степень неблагополучия (НБ) по сибирской язве на территории районов и всего по Республике Тыва за 1933–2022 гг.
Table 1. The degree of problems with anthrax (DP) on the territory of the districts and the Republic Tyva for 1933-2022

Район	Число населенных пунктов	Количество активных СНП и степень неблагополучия за десятилетние периоды														Всего неблагополучных пунктов	НБ 1933–2022 гг. % по районам				
		1933–1942 гг.	НБ, %	1943–1952 гг.	НБ, %	1953–1962 гг.	НБ, %	1963–1972 гг.	НБ, %	1973–1982 гг.	НБ, %	1983–1992 гг.	НБ, %	1993–2002 гг.	НБ, %			2003–2012 гг.	НБ, %	2013–2022 гг.	
Монгун-Тайгинский	3																		0	0	
Бай-Тайгинский	8			3	37,5						1	12,5							4	50	
Барун-Хемчикский	9	15	166,7	6	66,6	1	11,1	1	11,1	5	55,6	1	11,1				3	33,3	32	355,5	
Сут-Холский	7																		0	0	
Дзун-Хемчикский	13	11	84,6	11	84,6			5	38,5	1	7,7								28	215,4	
Чаа-Холский	4			1	25,0			5	125,0			3	75,0	2	50,0				11	275	
Улуг-Хемский	10	13	130,0	7	70,0	2	20,0	2	20,0	2	20,0	1	10,0						27	270	
Тандынский	13	11	84,6			3	23,0	1	7,7	7	53,8								22	169,2	
Чеди-Холский	6																		0	0	
г. Кызыл	1									1	100,0	1	100,0						2	200	
Кызылский	12	1	8,3	1	8,3			1	8,3	1	8,3								4	33,3	
Каа-Хемский	17			4	23,5	2	11,8			1	5,9								7	41,2	
Пиш-Хемский	14	1	7,1	5	35,7							1	7,1						7	50	
Тес-Хемский	7	2	28,6	1	14,8	13	185,7	3	42,8	2	28,6			3	42,8	1	14,3		25	357,1	
Эрзинский	6	4	66,7	1	16,7	5	83,3	5	83,3					3	50,0				18	300,0	
Овурский	6			10	166,7														10	166,7	
Тоджинский	7	2	28,6																2	28,6	
Тере-Холский	4																			0	
Республика Тыва	147	60	40,8	50	34,0	26	17,7	23	15,6	20	13,6	8	5,4	8	5,4	1	0,7	3	2,0	199	135,4

Особенностью эпизоотий сибирской язвы за эти периоды является то, что динамика эпизоотических показателей была неравномерной. В один и тот же период количество активных СНП и степень НБ сокращались, приобретая положительную динамику, а количество неблагополучных лет и ИЭ несимметрично этому имели отрицательную динамику, поднимаясь до предельных отрицательных показателей (11 районов, ИЭ – 1,0 по региону, 0,288 – по районам) или наоборот. Это привело к их объединению и характеристике эпизоотической ситуации как максимальной степени напряженности. Последующие два периода (с 1983 по 2002 г.) характеризуются как средней степени напряженности эпизоотической ситуации с положительной динамикой, с количеством: неблагополучных районов от 3 до 6, от 3 до 4 неблагополучных лет по региону, от 6 до 8 по районам, по 8 неблагополучных пунктов; с равной степенью НБ (5,4%), ИЭ – от 0,3 до 0,4 по региону, от 0,066 до 0,088 по районам. Два последних периода (2003–2022 гг.) характеризуются как ниже средней степени напряженности, когда в одном районе зарегистрированы от 1 до 2 неблагополучных пунктов с повторами вспышки от 1 до 2 неблагополучных лет, степенью НБ от 0,7 до 2,0%, ИЭ – от 0,1 до 0,2 по региону, от 0,011 до 0,022 по районам. Благополучных периодов по сибирской язве на территории Республики Тыва за 1933–2022 гг. не отмечено, обстановка остается по сибирской язве неблагополучной.

Ретроспективный анализ эпизоотической ситуации по Республике Тыва каждого 10-летнего периода в динамике по отдельности показал, что за первый период (с 1933 по 1942 г.) эпизоотии сибирской язвы зарегистрированы на территории 9 районов (50% административной территории региона), 9 неблагополучных лет в масштабе региона, 26 неблагополучных лет в общей сложности по районам, с максимальным количеством неблагополучных пунктов (60), НБ – 40,8% и высоким ИЭ (по региону – 0,9, по районам – 0,288). В 1943–1952 гг. наметилась отрицательная динамика с расширением охваченных сибирской язвой административных территорий до 11 районов, что больше, чем в

предыдущий период, на 11%, составив 61,1% административных единиц региона. Однако количество охваченных эпизоотией неблагополучных лет не изменилось (9 – по региону, 26 – по районам), но количество неблагополучных пунктов уменьшилось на 16,7% (до 50 единиц), в связи с этим степень НБ уменьшилась на 6,8% (до 34,0%), однако ИЭ остался таким же высоким (0,9 – по региону и 0,288 – по районам). В 1953–1962 гг. отмечена положительная динамика в сторону сужения территорий неблагополучных районов до 6, что меньше, чем в предыдущий период, в 1,8 раза, с охватом 33,3% административных единиц региона, с повтором эпизоотий в масштабе региона – 10, в масштабе районов 18 неблагополучных лет со снижением количества неблагополучных пунктов в 1,9 раза до 26 единиц, НБ – в 1,8 раза (до 17,7%) и незначительным снижением ИЭ (0,8 – по региону, 0,2 – по районам).

В следующий 10-летний период (1963–1972 гг.) отмечена отрицательная динамика эпизоотии с расширением охвата территорий на 11,1% (до 8 районов), 44,4% административных единиц региона с увеличением количества неблагополучных лет до 10 по региону, 21 в общей сложности по районам, но с незначительным снижением (2,1%) количества неблагополучных пунктов до 23 единиц и снижением НБ на 2,1% (до 15,6%). Увеличение количества неблагополучных лет по региону повлияло на напряженность эпизоотии, соответственно ИЭ поднялся до 0,1 по региону, до 0,233 по районам. По сравнению с предыдущим периодом (1973–1982 гг.) динамика количества (8), процентного отношения охваченных эпизоотией районов (44,4%), неблагополучных лет (10) по региону остались без изменения. Однако количество лет по районам снизилось незначительно (до 18 единиц), неблагополучных пунктов – до 20, соответственно незначительно снизилась степень НБ на 2% (до 13,6%), поэтому ИЭ остался на уровне 1,0, а по районам снизился до 0,2.

В 1983–1992 гг. наблюдали положительную динамику к спаду границ эпизоотии на 11,1% (до 33,3%), административных единиц – до 6 районов, количество неблагопо-

лучных лет уменьшилось почти в 2,5 раза (до 4 по региону, 8 – районам), количество неблагополучных пунктов снизилось в 2,5 раза (до 8), соответственно НБ – до 5,4%, ИЭ – 0,4 по региону, 0,088 – по районам, показывая резкое снижение эпизоотической напряженности по сибирской язве. В период 1993–2002 гг. количество охваченных эпизоотией сибирской язвы районов сократилось в 2 раза (до 3 районов), охватив 16,6% административных единиц региона. Вспышки эпизоотии наблюдали 3 года по региону, 6 лет по районам, однако количество активных СНП осталось на том же уровне (8), что привело в 3 неблагополучных районах к повышению напряженности в 1,3 раза. В общем, показатель НБ остался на уровне 5,4%, а ИЭ незначительно снизился (до 0,3 по региону, 0,066 по районам).

В 2003–2012 гг. отмечена положительная динамика с уменьшением количества неблагополучных районов в 3 раза (до одного Тес-Хемского района), что равнозначно 5,5% административных единиц региона, зарегистрирован 1 неблагополучный пункт, 1 неблагополучный год, показатель НБ снизился в 7,7 раза, или 0,7%, ИЭ по региону снизился в 3 раза, до 0,1 по региону, ИЭ по районам – в 6 раз, до 0,011. За 2013–2022 гг. сибирская язва зарегистрирована в одном Барун-Хемчикском районе, но количество активных СНП увеличилось в 3 раза (до 3), соответственно и степень НБ – в 2,9 раза до 2,0%, ИЭ – в 2 раза (до 0,2 и 0,022).

Динамика эпизоотической ситуации в сравнении с предыдущими периодами постепенно и неуклонно приобретала положительную тенденцию с некоторым переходом в отдельные годы в отрицательную сторону. Однако напряженность эпизоотической ситуации снижалась с благоприятными периодами в 7–8–9 лет. На это повлиял перевод животноводства на промышленную основу с построением молочно-товарных ферм и промышленных комплексов. В Тыве до 1955 г. проводилась вынужденная иммунизация животных против сибирской язвы вакциной Ценковского. С 1955 г. – ежегодная плановая профилактическая иммунизация вакциной СТИ и ГНКИ, с 1986 г. – такими более эффективными и безвредными вакцинами, как

живая сухая из шт. 55–ВНИИВиМ и т.д. [11]. Имели позитивное влияние на улучшение ситуации введенный в 1953 г. запрет на захоронение трупов павших животных, строительство скотомогильников и их обустройство санитарно-защитной зоной.

Однако, несмотря на положительную динамику эпизоотической ситуации, спорадические вспышки сибирской язвы наблюдаются и в настоящее время. Это подтверждает высокую степень стационарного неблагополучия и распространение почвенных очагов сибирской язвы в местах захоронения павших от сибирской язвы животных, скотомогильников без санитарно-защитных сплошных ограждений, опознавательных знаков, которые сохраняют эпизоотический потенциал в течение десятков, а то и сотен лет [12]. Огромную роль имеют типы почв, где споры возбудителя инфекции способны не только сохраняться, но и накапливаться, увеличивая эпизоотическую опасность почвенного очага, который, в свою очередь, влияет на приуроченность сибирской язвы к той или иной территории. Вероятность заражения животных возрастает при свободной и бесконтрольной пастбе животных частных фермерских и подсобных хозяйств с большим поголовьем при традиционном кочевом ведении животноводства в Тыве, в большинстве времени находящихся на подножном корме и водопое из водоемов. Известно, что особенности проявления эпизоотической активности сибирской язвенной инфекции в стационарно неблагополучных пунктах в большей степени связаны с влиянием различных природно-географических условий окружающей среды, в частности климатических, почвенно-ландшафтных и других, характерных для Республики Тыва. Заболеваемость у животных отмечена с ранней весны до поздней осени на низинах и заболоченных местах, при таянии снега, сели, разливе рек, обильной дождливости, чередованиях наводнений и засухи, когда из почвы вымываются споры возбудителя, а также низкий бедный грубый сухой травостой, при поедании которого животные травмируют слизистый покров ротовой полости.

Эпизоотическое районирование по сибирской язве показало, что на территории

Республики Тыва по степени риска эпизоотической активности различаются три группы районов: к первой группе районов с максимальным уровнем риска – от 11 до 32 зарегистрированных неблагополучных пунктов, степени НБ – от 169,2 до 357,1%, неблагополучных лет – от 11 до 21, ИЭ – от 0,122 до 0,233 – относятся 9 административных единиц: Барун-Хемчикский, Дзун-Хемчикский, Улуг-Хемский, Тес-Хемский, Тандынский, Эрзинский, Чаа-Холский, Овурский районы и г. Кызыл.

Ко второй группе со средним риском эпизоотической активности – от 1 до 10 неблагополучных пунктов, степени НБ – от 28,6 до 50,0 ИЭ – от 0,022 до 0,055 – относятся 5 районов: Каа-Хемский, Пии-Хемский, Бай-Тайгинский, Кызылский, Тоджинский районы.

К третьей группе с минимальным риском эпизоотической активности относятся свободные от сибирской язвы 4 района: высокогорные Монгун-Тайгинский, Тере-Холский, Сут-Холский и Чеди-Холский районы. Однако эпизоотологическое районирование показывает, что районы с реальным риском активации эпизоотической ситуации по сибирской язве со стационарными почвенными очагами инфекции на территории Республики Тыва преобладают и составляют 77,8% из имеющихся 18 административных районов, что может повлиять на ситуацию в районах с минимальным риском проявления сибирской язвы. Данная ситуация условно безопасна, так как при реорганизации административного устройства региона в разное время районы или объединялись в один район, или разобщались на несколько районов. Населенные пункты переходили то в структуру одного, то другого района, поэтому категорически оценить эти 4 района благополучными без риска возникновения эпизодов вспышки сибирской язвы нецелесообразно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Территория Республики Тыва по сибирской язве стационарно в высокой степени неблагополучна. Риск возникновения вспышек сибирской язвы остается высоким, особенно в неблагополучных районах с обильным

наличием стационарных почвенных очагов инфекции, неучтенных, заброшенных, без установленных санитарно-защитных зон скотомогильников [13]. Риск возрастает при традиционном отгонном кочевом и свободном ведении большого поголовья скота фермерских и подсобных хозяйств с неконтролируемой пастьбой на подножном корме.

Эпизоотологическое районирование территории региона позволяет дифференцировано осуществлять управленческие мероприятия по надзору за скотомогильниками, местами захоронения павших от сибирской язвы животных, за вводом земель под животноводческие стойбища, помещения, жилые застройки, осуществлять ветеринарно-санитарный контроль за убоем скота, реализацией продуктов животного происхождения, пастьбой и прогоном скота на сезонные стойбища и пастбища. Необходимо уделять особое внимание главному инструментарию профилактики и борьбы с сибирской язвой – ежегодной качественной поголовной иммунизации животных против сибирской язвы [14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров В.В., Махамат Н.Я. Глобальная эпизоотология сибирской язвы // Ветеринария сегодня. 2019. № 1 (28). С. 63–67. DOI: 10.29326/2304-196X-2019-1-28-63-67.
2. Рязанова А.Г., Ежлова Е.Б., Пакскина Н.Д., Семенова О.В., Аксенова Л.Ю., Еременко Е.И., Буравцева Н.П., Головинская Т.М., Варфоломеева Н.Г., Чмеренко Д.К., Печковский Г.А., Куличенко А.Н. Ситуация по сибирской язве в 2018 г., прогноз на 2019 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2019. № 1, С. 98–102. DOI: 10.21055/0370-1069-2022-1-64-70.
3. Герасименко Д.К., Рязанова А.Г., Буравцева Н.П., Мезенцев В.М., Семенов О.В., Аксенова Л.Ю., Семенова О.В., Варфоломеева Н.Г., Пеньковская Н.А., Листопад С.А., Суфьянова С.М., Куличенко А.Н. Ретроспективный анализ эпизоотолого-эпидемиологической ситуации по сибирской язве в Республике Крым // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 11 (332). С. 78–84. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-78-84.
4. Рязанова А.Г., Скударева О.Н., Герасименко Д.К., Логвин Ф.В., Чмеренко Д.К., Семенова О.В., Аксенова Л.Ю., Еременко Е.И.,

- Буравцева Н.П., Головинская Т.М., Печковский Г.А., Куличенко А.Н. Эпидемиологическая и эпизоотическая обстановка по сибирской язве в мире в 2021 г., прогноз на 2022 г. в Российской Федерации // Проблемы особо опасных инфекций 2022. № 1. С. 64–70. DOI: 10.21055/0370-1069-2022-1-64-70.
5. Дугаржапова З.Ф., Ивачев М.А., Чеснокова М.В., Кравец Е.В., Решетняк Е.А., Уманец А.А., Детковская Т.Н., Кузин Д.Ю., Балахонов С.В. Сибирская язва в Приморском крае (1919–2020 гг.). Сообщение 2. Эпизоотолого-эпидемиологическая ситуация и районирование административных территорий // Проблемы особо опасных инфекций. 2021. № 4. С. 67–78. DOI: 10.21055/0370-1069-2021-3-51-59.
6. Курчева С.А., Курносина М.М., Жарникова И.В., Кошкидько А.Г., Русанова Д.В., Рязанова А.Г., Аксенова Л.Ю., Ковалев Д.А., Жиров А.М., Куличенко А.Н. Экспериментальный пероксидантный конъюгат для выявления специфических антител к возбудителю сибирской язвы в иммуноферментном анализе // Проблемы особо опасных инфекций. 2022. № 2. С. 94–100. DOI: 10.21055/0370-1069-2022-2-94-100.
7. Дягилев Г.Т. Индекс эпизоотичности при сибирской язве сельскохозяйственных животных в Якутии // Ветеринария и кормление 2021. № 3. С. 6–9. DOI: 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2021-3-2.
8. Рязанова А.Г., Скударева О.Н., Герасименко Д.К., Чмеренко Д.К., Семенова О.В., Аксенова Л.Ю., Еременко Е.И., Буравцева Н.П., Головинская Т.М., Печковский Г.А., Куличенко А.Н. Обзор эпизоотолого-эпидемиологической ситуации в 2020 г. в мире и прогноз на 2021 г. в Российской Федерации // Проблемы особо опасных инфекций. 2021. № 1. С. 81–86. DOI: 10.21055/0370-1069-2022-1-64-70.
9. Игловский С.А., Краучюнас В.В. Сибирезвенные захоронения – потенциальная угроза здоровью // Анализ риска здоровью. 2021. № 1. С. 108–114. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.11.
10. Родионов А.П., Артемьева Е.А., Мельникова Л.А., Косарев М.А., Иванова С.В. Особенности природной очаговости сибирской язвы и экологии *Bacillus anthracis* // Ветеринария сегодня. 2021. № 2 (37). С. 151–158. DOI: 10.29326/2304-196X-2021-2-37-151-158.
11. Дугаржапова З.Ф., Ивачева М.А., Чеснокова М.В., Кравец Е.В., Решетняк Е.А., Кузин Д.Ю., Уманец А.А., Детковская Т.Н., Балахонов С.В. Сибирская язва в Приморском крае (1919–2020 гг.). Сообщение 1. Исторические сведения, характеристика стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов // Проблемы особо опасных инфекций. 2021. № 3. С. 51–59. DOI: 10.21055/0370-1069-2021-4-67-78.
12. Тимофеев В.С., Бахтеева И.В., Титарева Г.М., Гончарова Ю.Г., Дятлов И.А. Пути распространения сибирской язвы в природных экосистемах // Проблемы особо опасных инфекций. 2021. № 3. С. 23–32. DOI: 10.21055/0370-1069-2021-3-23-32.
13. Симонова Е.Г., Шабейкин А.А., Раичич С.Р., Локтионова М.Н., Сабурова С.А., Патяшина М.А., Ладный В.И., Гулюкин А.М. Применение геоинформационных технологий для оценки эпизоотологической и эпидемиологической ситуации по сибирской язве // Анализ риска здоровью. 2019. № 3. С. 74–82. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.09.
14. Скворцов В.Н., Скворцова Т.А., Шляхова Л.А., Мазур А.Д., Степанова Т.В., Шабейкин А.А. Распространение сибирской язвы в Корочанском уезде Курской губернии в 90 гг. 19 века // Ветеринария и кормление. 2021. № 4. С. 53–56. DOI: 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2021-4-15.

REFERENCES

1. Makarov V.V., Makhamat N.Y. Anthrax global epizootology. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2019, no. 1 (28). С. 63–67. (In Russian). DOI: 10.29326/2304-196X-2019-1-28-63-67.
2. Ryazanova A.G., Ezhlova E.B., Paskina N.D., Semenova O.V., Aksenova L.U., Eremenko E.I., Buravtseva N.P., Golovinskaya T.M., Varfolomeeva N.G., Chmerenko D.K., Pechkovsky G.A., Kulichenko A.N. Epidemiological situation on anthrax in 2018, the forecast for 2019. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2019, no. 1, pp. 98–102. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2022-1-64-70.
3. Gerasimenko D.K., Ryazanova A.G., Buravtseva N.P., Mezentshev V.M., Semenko O.V., Aksenova L.U., Semenova O.V., Varfolomeeva N.G., Pechkovsky N.A., Listopad S.A., Sufyanova S.M., Kulichenko A.N. Retrospective analysis of the epizootic and epidemiological situation of anthrax in the Republic of Crimea. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya = Public Health and Life Environment*, 2020, no. 11 (332), pp. 78–84. (In Russian). DOI: 10.35627/2219-5238/2020-332-11-78-84.

4. Ryazanova A.G., Skudareva O.N., Gerasimenko D.K., Logvin F.V., Chmerenko D.K., Semenova O.V., Aksenova L.U., Eremenko E.I., Buravtseva N.P., Golovinskaya T.M., Pechkovskiy G.A., Kulichenko A.N. Epidemiological and epizootiological situation on anthrax around the world in 2021, the forecast for 2022 in the Russian Federation. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2022, no. 1, pp. 64–70. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2022-1-64-70.
5. Dugarzhapova Z.F., Ivachev M.A., Chesnokova M.V., Kravets E.V., Reshetnyak E.A., Umanets A.A., Detkovskaya T.N., Kuzin D.U., Balahonov S.V. Anthrax in Primorsky Territory (1919-2020). Communication 2. Epizootological and epidemiological situation and zoning of administrative territories. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii = Problems of Particularly Dangerous Infections*, Dangerous infectionpp, 2021, no. 4. pp. 67–78. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2021-3-51-59/
6. Kurheva S.A., Kurnoskina M.M., Zharnikova I.V., Koshidko A.G., Rusanova D.V., Ryazanova A.G., Aksenova L.U., Kovalev D.A., Zhirov A.M., Kulichenko A.N. Experimental peroxidase conjugate for detection of specific antibodies to anthrax agent in enzyme immunoassay. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2022, no. 2, pp. 94–100. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2022-2-94-100.
7. Dyagilev G.T. Epizootic index for anthrax of farm animals in Yakutia. *Veterinariya i kormlenie = Veterinaria i kormlenie*, 2021, no. 3, pp. 6–9. (In Russian). DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-3-2.
8. Ryazanova A.G., Skudareva O.N., Gerasimenko D.K., Chmerenko D.K., Semenova O.V., Aksenova L.U., Eremenko E.I., Buravtseva N.P., Golovinskaya T.M., Pechkovskiy G.A., Kulichenko A.N. Review of the epizootiological and epidemiological situation on anthrax around the world in 2020 and the forecast for 2021 in the Russian Federation. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2021, no. 1. pp. 81–86. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2022-1-64-70
9. Iglowskiy S.A., Krauchunas V.V. Anthrax cattle burials – potential threat to health. *Analiz Riska Zdorovju = Health Risk Analysis*, 2021, no. 1, pp. 108–114. (In Russian). DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.11.
10. Rodionov A.P., Artemeva E.A., Melnikova L.A., Kosarev M.A., Ivanova S.V. Features of anthrax natural foci and *Bacillus anthracis* ecology. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*, 2021, no. 2 (37), pp. 151–158. (In Russian). DOI: 10.29326/2304-196X-2021-2-37-151-158.
11. Dugarzhapova Z.F., Ivaheva M.A., Chesnokova M.V., Kravets E.V., Reshetnyak E.A., Kuzin D.U., Umanets A.A., Detkovskaya T.N., Balahonov S.V. Anthrax in the Primorsky territory (1919-2020). Communication 1. Historical information and characteristics of stationary potentially hazardous as regards anthrax areas. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2021, no. 3, pp. 51–59. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2021-4-67-78.
12. Timofeev V.S., Bahteeva I.V., Titareva G.M., Goncharova U.G., Dyatlov I.A. Routes of spread of anthrax in natural ecosystems. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii = Problems of Particularly Dangerous Infections*, 2021, no. 3, pp. 23–32. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2021-3-23-32.
13. Simonova E.G., Shabeykin A.A., Raichih S.R., Loktionova M.N., Saburova S.A., Patyashina M.A., Ladniy V.I., Gulyukin A.M. Geoinformation technologies for assessing epizootological and epidemiological situation with anthrax. *Analiz Riska Zdorovju = Health Risk Analysis*, 2019, no. 3, pp.4–82. (In Russian). DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.09.
14. Skvortsov V.N., Skvortsova T.A., Shlyahova L.A., Mazur A.D., Stepanova T.V., Shabeykin A.A. Spread of anthrax in Korocha uyezd of Kursk gubernia in 1890s. *Veterinariya i kormlenie = Veterinaria i kormlenie*, 2021, no. 4, pp. 53–56. (In Russian). DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2021-4-15.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Лопсан Ч.О., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 667005, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Бухтуева, 4; e-mail: lopsan_chechek@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Chechek O. Lopsan**, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher; **address:** 4, Bukhtueva St., Kyzyl, Republic of Tuva, 667005, Russia; e-mail: lopsan_chechek@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 11.05.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 20.09.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГЕЛЬМИНТОВ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА ЛОШАДЕЙ В ЦЕНТРАЛЬНОМ АЛТАЕ

✉ Ефремова Е.А.¹, Марченко В.А.², Смертина М.А.¹

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

²Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий
Барнаул, Россия

✉ e-mail: alfa_parazit@mail.ru

Представлены результаты исследований (2021, 2022 гг.) распространения в коневодческих хозяйствах возбудителей гельминтозов. В формировании гельминтокомплекса животных Центрального Алтая участвуют паразитические черви двух классов – Nematoda и Cestoda. Зарегистрированы нематоды двух подотрядов Strongylata и Ascaridata (*Parascaris equorum*). У цестод, представленных ленточными червями подотряда Anoplocephalata, выделено два вида: *Anoplocephala perfoliata*, *Paranoplocephala mamillana*. Инвазированность однокопытных стронгилятами желудочно-кишечного тракта как в провинции (87,8%), так и в отдельных административных районах существенно превышает зараженность животных гельминтами подотряда Ascaridata (14,1%) и цестодами подотряда Anoplocephalata (10,9%). В формировании нозологического профиля кишечных гельминтозов основную роль играют нематоды подотряда Strongylata. Стронгиляты составляют ядро гельминтокомплекса пищеварительной системы, а инвазированность однокопытных ими и их доля в структуре гельминтокомплекса как в провинции, так и в отдельных административных районах наиболее высока. Показатели ЭИ (экстенсивность инвазии) и значения ИП (индекс паразитокомплекса) стронгилят варьируют в разрезе административных районов соответственно от 53,3 и 69,1% до 95,2 и 80,8% и в среднем по Центральному Алтаю составляют 87,8 и 77,8%. Установлено, что в большинстве районов зараженность однокопытных гельминтами пищеварительной системы в целом и нематодами подотряда Strongylata отличается незначительно. Инвазированность однокопытных *Parascaris equorum* и цестодами подотряда Anoplocephalata в регионе зарегистрирована соответственно на уровне от 14,1 и 10,9% с ИП 12,5 и 9,7, что в 6–8 раз меньше, чем аналогичные показатели при стронгилятозах животных. Установлена достоверная прямая зависимость выделения яиц стронгилят во внешнюю среду от показателей зараженности животных. С повышением значений зараженности животных стронгилятами увеличивается количество пропативных форм, выделяющихся в окружающую среду.

Ключевые слова: гельминты пищеварительной системы, лошади, структура гельминтокомплекса, динамика выделения яиц, региональные особенности эпизоотического процесса

DISTRIBUTION OF HELMINTHS OF THE GASTROINTESTINAL TRACT OF HORSES IN CENTRAL ALTAI

✉ Efremova E.A.¹, Marchenko V.A.², Smertina M.A.¹

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

²Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology
Barnaul, Altai region, Russia

✉ e-mail: alfa_parazit@mail.ru

The results of the studies (2021, 2022) on the spread of helminth infectious agents in horse breeding farms are presented. Parasitic worms of two classes Nematoda and Cestoda participate in the formation of the helminthic complex of Central Altai animals. Nematodes of two suborders Strongylata and Ascaridata (*Parascaris equorum*) were recorded. Two species *Anoplocephalaperfoliata* and *Paranoplocephalamamillana* were identified in cestodes represented by the tapeworms of suborder Anoplocephalata. In the province (87.8%) and in some administrative districts, infestation of whole-hoofed animals with gastrointestinal strongylates is much higher than infection with helmin-

thes of suborder Ascaridata (14.1%) and cestodes of suborder Anoplocephalata (10.9%). Nematodes of suborder Strongylata play the main role in forming the nosological profile of intestinal helminth infections. Strongylates form the core of the helminthocomplex of the digestive system, and the infestation of whole-hoofed animals with them and their share in the structure of the helminthocomplex both in the province and in individual administrative districts is the highest. The values of IP (invasion prevalence) and PCI (parasite complex index) of strongyloides vary by administrative regions from 53,3 and 69,1% to 95,2 and 80,8%, respectively, and amount to 87,8 and 77,8% on average in the Central Altai. It was found that in most areas, the infestation of whole-hoofed animals with helminths of the digestive system in general and nematodes of suborder Strongylata differs insignificantly. Infestation of whole-hoofed animals by *Parascaris equorum* and cestodes of suborder Anoplocephalata is registered in the region at 14,1 and 10,9% with PCI 12,5 and 9,7 respectively, which is 6-8 times lower than analogous indices for strongylatosis of animals. Reliable direct correlation between the release of strongylate eggs into the external environment and the index of animal infestation was established. The number of propagative forms released into the environment increases with increasing values of animal infestation with strongylates.

Keywords: helminths of the digestive system, horses, structure of the helminthocomplex, dynamics of egg release, regional features of the epizootic process

Для цитирования: *Ефремова Е.А., Марченко В.А., Смертина М.А.* Распространение гельминтов желудочно-кишечного тракта лошадей в Центральном Алтае // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 89–97. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-11>

For citation: Efremova E.A., Marchenko V.A., Smertina M.A. Distribution of helminths of the gastrointestinal tract of horses in Central Altai. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 89–97. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (Российский фонд фундаментальных исследований) и Республики Алтай в рамках научного проекта № 20-44-040004, по государственному заданию научно-исследовательских работ ФБГНУ Федеральный Алтайский научный центр агроботехнологий (0534-2021-0005) и ФБГНУ Сибирский федеральный научный центр агроботехнологий Российской академии наук (0533-2021-0018).

Acknowledgments

The study was financially supported by the RFBR (Russian Foundation for Basic Research) and the Republic of Altai within the framework of the scientific project No. 20-44-040004, according to the state research assignment of the FSBSI Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnology (0534-2021-0005) and the FSBSI Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (0533-2021-0018).

ВВЕДЕНИЕ

Коневодство, являясь важной составной частью животноводства в Республике Алтай, играет значительную роль в обеспечении потребности региона в специфических видах сырья и продуктах питания. В настоящее время отмечена тенденция увеличения поголовья лошадей в фермерском сегменте [1]. Сдерживающий фактор в увеличении поголовья и продуктивности животных – болезнь, в том числе паразитарной этиологии.

Согласно результатам исследований отечественных и зарубежных ученых, гельминтозы желудочно-кишечного тракта лоша-

дей имеют повсеместное распространение и в большинстве случаев характеризуются хроническим течением без значительно выраженных клинических проявлений [2–8]. Однако возбудители гельминтозов, поражающие все отделы пищеварительной системы, при высокой степени инвазии являются причиной массовых заболеваний не только молодняка, но и взрослых животных. Данные заболевания проявляются коликами, диареей, нервными явлениями, снижением работоспособности и всех видов продуктивности [9–11].

Результаты исследований демонстрируют, что видовой состав сообщества парази-

тических червей зависит от условий содержания лошадей и применения в коневодстве антгельминтиков из группы макроциклических лактонов и бензимидазолов, от природно-климатических особенностей местности и других биотических и абиотических факторов [6, 7, 12].

При значительной изученности гельминтов европейской части Российской Федерации информация, касающаяся видового разнообразия многоклеточных паразитов, их пространственного распределения в разрезе административного деления и с учетом природно-климатических зон, особенностей проявления эпизоотического процесса в условиях Сибирского региона, ограничена и требует уточнения¹⁻⁴ [13–17].

Цель исследований – характеристика структуры гельминтокомплекса и эпизоотической ситуации по желудочно-кишечным гельминтозам лошадей Центрального Алтая.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в 2021, 2022 гг. в 13 хозяйствах 5 административных районов Центрального Алтая (Шебалинский, Чемальский, Онгудайский, Усть-Канский, Усть-Коксинский). Для изучения зараженности животных гельминтами пробы фекалий, полученные от спонтанно инвазированных лошадей, исследованы гельминтокопроовскопическим флотационным методом по Фюллеборну с последующим подсчетом яиц на грамм фекалий [18].

Принимая во внимание, что матка аноплоцефалид – закрытого типа, и во внешнюю среду цестоды выделяют членики, подсчет их расселительных форм в пробах фекалий не проводили. Таксономическую дифференциацию нематод выполнили с учетом морфометрических особенностей

яиц, идентификацию цестод – по размерам и форме грушевидного аппарата [19]. Всего исследовано 719 образцов биоматериала.

По результатам овоскопии рассчитаны показатели экстенсивности заражения: ЭИ (экстенсивность инвазии) – доля зараженных животных в процентах, ЭИс – среднее арифметическое показателей ЭИ в выборках (обследованиях) в процентах, ЭИсг – среднее геометрическое значение показателей ЭИ в выборках. Показатели интенсивности заражения: ИИ – среднее арифметическое число яиц на одно зараженное животное в грамме фекалий в экзemplярах, ИИс – среднее арифметическое показателей ИИ в выборках в экзemplярах, ИИсг – среднее геометрическое значение показателей ИИ в выборках. Достоверность различий показателей зараженности устанавливали по среднегеометрическим значениям ЭИсг и ИИсг с расчетом t критерия Стьюдента ($p \leq 0.05$, $df = n_1 + n_2 - 2$).

Так как гельминтозы имеют ассоциативную форму течения, необходимо при формировании систем лечебно-профилактических мероприятий учитывать особенности всего паразитокомплекса, сформированного на конкретной территории, принимая во внимание его экологические характеристики. В этой связи определение особенностей структуры гельминтокомплекса желудочно-кишечного тракта лошадей и значения отдельных таксонов в нем является важной составляющей при разработке программ контроля численности паразитов животных. С этой целью для формализованного описания на ценоотическом уровне сообщества паразитов дополнительно использовали такой показатель, как индекс паразитокомплекса (ИП), который отображает значение вида, рода или другого таксона в его структуре [20].

¹Мачульский С.Н., Богданов А.Г., Шабаев В.А. Гельминтофауна лошади Бурятской АССР // Труды Бурятского института естественных наук БФСО АН СССР. 1977. Вып. 15. С. 20–28.

²Габрус В.А. Энтомозы и гельминтозы лошадей юга Тюменской области // Сб. науч. тр. «Паразиты и паразитозы». Новосибирск, 1999. С. 67–69.

³Понамарев Н.М. Видовой состав гельминтов лошадей в Алтайском крае // Сб. науч. тр. «Паразиты в природных комплексах и рискованные ситуации». Новосибирск, 1998. С. 90–93.

⁴Сивков Г.С., Габрус В.А., Полков В.В. Ассоциативные инвазии лошадей юга Тюменской области // Сб. науч. тр. ВНИИВЭА. Тюмень, 1999. Т. 41. С. 125–130.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При гельминтоовоскопических обследованиях лошадей в пробах фекалий выявлены яйца нематод двух подотрядов Strongylata и Ascaridata (*Parascaris equorum*). Цестоиды, представленные ленточными червями подотряда Anoplocephalata, включают два вида гельминтов – *Anoplocephala perfoliata* и *Paranoplocephala tamillana*. В коневодческих хозяйствах Центрального Алтая выявлено повсеместное распространение возбудителей гельминтозов. Инвазированность однокопытных стронгилятами же-

лудочно-кишечного тракта как в целом по провинции (87,8%), так и по отдельным административным районам существенно превышает зараженность животных гельминтами подотряда Ascaridata (14,1%) и цестоидами подотряда Anoplocephalata (10,9%) (см. табл. 1). Минимальные и максимальные значения инвазированности лошадей стронгилятами зарегистрированы в Усть-Канском и Чемальском районах. Они составляют соответственно 53,3 и 95,2% с ИИ на уровне 174,0 и 467,5 я/г (яиц на один грамм фекалий) (см. табл. 1, 2).

Табл. 1. Инвазированность (ЭИ) лошадей Центрального Алтая гельминтами желудочно-кишечного тракта (овоскопия)

Table 1. Infestation (IP) of Central Altai horses by gastrointestinal helminths (ovoscopy)

Административный район	Число выборок	Число проб	ЭИ, %			ЭИ общая, %	ЭИса ЭИсг
			ST	PAR	ANOPL		
Шебалинский	20	417	93,0 ± 1,2	13,4 ± 0,4	9,8 ± 1,4	93,3 ± 1,2	$\frac{95,3 \pm 1,9}{1,9 \pm 0,01}$
Чемальский	4	48	95,2 ± 8,1	0	23,8 ± 9,3	95,8 ± 8,3	$\frac{96,3 \pm 2,1}{1,9 \pm 0,01}$
Онгудайский	4	72	79,4 ± 6,9	14,7 ± 6,1	8,8 ± 4,8	79,2 ± 4,8	$\frac{79,1 \pm 3,9}{1,9 \pm 0,02}$
Усть-Канский	6	78	53,3 ± 5,7	10,2 ± 3,4	12,8 ± 3,8	56,3 ± 5,6	$\frac{64,6 \pm 9,9}{1,8 \pm 0,01}$
Усть-Коксинский	4	104	93,5 ± 2,3	22,1 ± 4,1	11,5 ± 3,1	94,2 ± 2,3	$\frac{93,3 \pm 2,5}{1,9 \pm 0,01}$
Всего	38	719	87,8 ± 1,2	14,1 ± 1,3	10,9 ± 1,2	89,2 ± 1,2	–

Примечание. ST – гельминты подотряда Strongylata; PAR – нематоды *Parascaris equorum*; ANOPL – цестоиды подотряда Anoplocephalata.

Табл. 2. Интенсивность заражения (ИИ) лошадей Центрального Алтая нематодами желудочно-кишечного тракта (овоскопия)

Table 2. Intensity of infestation (II) of Central Altai horses with gastrointestinal nematodes (ovoscopy)

Административный район	Число выборок	Число проб	ИИ, я/г		ИИ общая, я/г	ИИса ИИсг
			ST	PAR		
Шебалинский	20	417	430,6 ± 36,0	5,9 ± 1,5	464,7 ± 37,8	$\frac{436,2 \pm 36,1}{2,35 \pm 0,06}$
Чемальский	4	48	467,5 ± 37,1	0	458,3 ± 37,8	$\frac{467,5 \pm 37,1}{2,59 \pm 0,05}$
Онгудайский	4	72	402,8 ± 71,1	30,7 ± 17,7	326,9 ± 42,3	$\frac{433,6 \pm 67,9}{2,04 \pm 0,19}$
Усть-Канский	6	78	174,0 ± 49,1	12,7 ± 5,5	186,7 ± 51,5	$\frac{186,7 \pm 51,6}{1,64 \pm 0,26}$
Усть-Коксинский	4	104	432,9 ± 102,1	0	455,8 ± 41,3	$\frac{432,9 \pm 102,1}{2,51 \pm 0,03}$
Всего	38	719	405,9 ± 28,1	7,5 ± 1,6	431,5 ± 31,2	$\frac{413,3 \pm 28,2}{-}$

Примечание: ST – гельминты подотряда Strongylata; PAR – нематоды *Parascaris equorum*.

По данным овоскопии, показатели зараженности лошадей гельминтами пищеварительной системы по районам дифференцированы на две группы: Онгудайский и Усть-Канский районы (ЭИ = 79,3 и 56,3%), остальные районы (ЭИ = 93,3–95,8%) (см. табл. 1). Сходным образом распределены и показатели интенсивности заражения: Онгудайский и Усть-Канский районы (ИИ = 326,9 и 186,7 я/г), остальные районы (ИИ = 455,8–464,7 я/г) (см. табл. 2).

В большинстве случаев различия показателей зараженности между группами районов статистически достоверны и обусловлены в основном климатическими условиями территорий Онгудайского и Усть-Канского районов, неблагоприятными для развития пропативных форм паразитов во внешней среде (низкие температуры, уровни осадков и др.) (см. табл. 3).

Зараженность животных *Parascaris equorum* подотряда Ascaridata варьирует соответственно от 10,2 (ИИ=12,7 я/г) в Усть-Канском до 22,1% в Усть-Коксинском районе и в среднем составляет 14,1%. В пробах фекалий лошадей Чемальского района представители аскаридат не выделены, что связано с недостаточным объемом материала, взятого для исследования.

Цестоды подотряда Anoplocephalata представлены двумя видами – *Paranoplocephala tamilana* и *Anoplocephalaperfoliata*. При этом необходимо отметить, что *A. perfoliata* зарегистрирован во всех административных районах

и является доминирующим среди ленточных червей видом. Это согласуется с результатами исследований зарубежных и отечественных исследователей, указывающих на его повсеместное распространение и превалирование среди других видов цестод [11, 21].

Paranoplocephala tamilana встречается редко и выделен у лошадей Шебалинского района (с. Диктиек). Инвазированность лошадей аноплоцефалидами зарегистрирована минимальной в Шебалинском (9,8%) и Онгудайском (8,8%) районах, наибольшая отмечена в Чемальском (23,8%) при среднем значении по Центральному Алтаю 10,9%.

Отмечена достоверная прямая зависимость численности яиц стронгилят, выделяемых с фекалиями во внешнюю среду, от показателей экстенсивности заражения ($r = 0,97$).

С повышением значений зараженности животных стронгилятами возрастает количество пропативных форм, выделяющихся в окружающую среду (см. табл.1, 2, рисунок).

В Горном Алтае гельминтозы протекают в форме микстинвазий с разнообразными вариациями как компонентов гельминтокомплекса, так и их количественных характеристик (см. табл. 4).

Установлено, что в Центральном Алтае паразиты двух классов Nematoda и Cestoda формируют гельминтокомплекс желудочно-кишечного тракта однокопытных, причем с явным доминированием нематод (ИП = 90,3, ИИ = 431,5 я/г). Соотношение представителей нематод и цестод в гельминтокомплексе

Табл. 3. Критерии достоверности различий показателей зараженности лошадей гельминтами по среднегеометрическим значениям овоскопии ($t/p < 0.05$)

Table 3. Criteria of reliability of differences in indicators of helminth infestation in horses by geometric mean values of ovoscopy ($t/p < 0.05$)

Административный район	Шебалинский	Чемальский	Онгудайский	Усть-Канский	Усть-Коксинский
	<i>n</i> = 20	<i>n</i> = 4	<i>n</i> = 4	<i>n</i> = 6	<i>n</i> = 4
Шебалинский	0	0	4,5* < 0,01	2,18**	2,14**
Чемальский	3,07*	0	4,09*	2,1	1,43
Онгудайский	1,51	4,09*	0	1,27	3,18**
Усть-Канский	2,73**	2,39*	1,25	0	1,91
Усть-Коксинский	2,39**	1,38	2,47**	3,34*	0

Примечание. Данные выше нулевого ряда – среднегеометрические значения ЭИ, ниже нулевого ряда – среднегеометрические значения ИИ.

* $p < 0,01$;

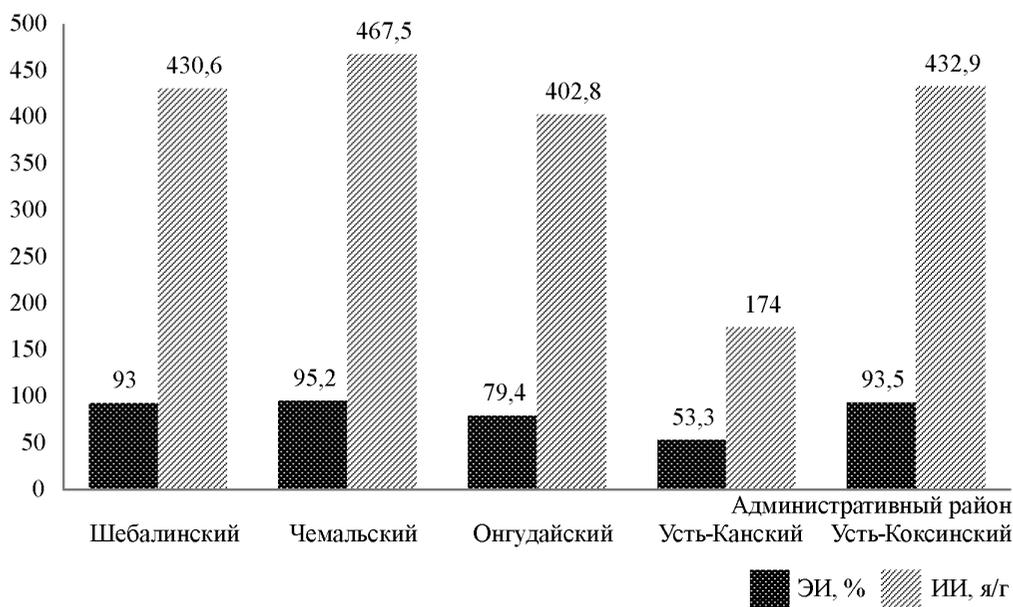
** $p < 0,05$;

n – количество выборок.

выражается как 9,3 : 1,0. В административных районах данная тенденция сохраняется. В классе Nematoda наиболее многочисленна группа гельминтов подотряда Strongylata. ИП стронгилят варьирует от 69,1 до 80,8 и в среднем составляет 77,8 (ИИ = 405,9 я/г). Субдоминирующим элементом гельминтокомплекса как в провинции, так и в районах являются параскариды. ИП *P. equorum* варьирует от 11,5 до 17,3, что в 4–7 раз ниже, чем у нематод подотряда Strongylata и в среднем составляет 12,5.

Варьирование значений ИП плоских червей подотряда Anoplocephalata (Cestoda, Cyclophyllidea) в пределах районов более выражено (от 8,6 до 19,2 при среднем значении 9,7), что возможно обусловлено внутризональным разнообразием природно-климатических условий и орографическими особенностями горных территорий, определяющими плотность популяции промежуточного хозяина – орибатидных клещей.

В целом соотношение доли стронгилят, параскаридов и цестод подотряда Anoplo-



Связь показателей экстенсивности заражения лошадей кишечными стронгилятами с интенсивностью выделения яиц нематод во внешнюю среду

Correlation of extensibility indicators of equine infection with intestinal strongylates and intensity of nematode eggs release into the external environment

Табл. 4. Структура гельминтокомплекса желудочно-кишечного тракта лошадей Центрального Алтая (по результатам овоскопии)

Table 4. Structure of the helminth complex of the gastrointestinal tract of horses in the Central Altai (based on the results of ovoscopy)

Административный район	ИП		
	ST	PAR	Anoplocephalata
Шебалинский	80,1	11,5	8,4
Чемальский	80,8	0	19,2
Онгудайский	77,1	14,3	8,6
Усть-Канский	69,1	13,7	17,2
Усть-Коксинский	73,7	17,3	9
Центральный Алтай	77,8	12,5	9,7

Примечание. ST – гельминты подотряда Strongylata; PAR – нематоды *Parascaris equorum*; ANOPL – цестоды подотряда Anoplocephalata.

сепhalata в гельминтокомплексе пищеварительной системы однокопытных Центрального Алтая выражается как 8 : 6 : 1. Повсеместное распространение нематод подотряда Strongylata, их максимальные показатели ЭИ, ИИ и ИП, как в провинции, так и в административных районах, обусловлены выраженным видовым многообразием, развитием в окружающей среде без наличия промежуточного хозяина и высокой адаптивностью пропатогенных форм к неблагоприятным факторам внешней среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований свидетельствуют о повсеместном распространении гельминтозов желудочно-кишечного тракта лошадей в Центральном Алтае. Инвазированность однокопытных гельминтами различных таксономических групп, формирующих гельминтокомплекс желудочно-кишечного тракта, в том числе стронгилятами, параскаридами и анопцефалидами, как в провинции, так и в пределах административных районов, существенно отличается. Анализ показателей зараженности ЭИ и ИП свидетельствует, что везде доминирующим элементом выступают нематоды подотряда Strongylata с ИП 77,8 (ЭИ = 87,8%, ИИ = 405,9 я/г), субдоминантами являются параскариды (ИП = 12,5; ЭИ и ИИ соответственно 14,1% и 7,5 я/г). Зараженность лошадей цестодами составляет 10,9% с ИП 9,7. Отмечена прямая достоверная зависимость количества выделяемых во внешнюю среду пропатогенных форм стронгилят от уровня зараженности животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Князев С.П., Тимченко А.М. Динамика поголовья и современное состояние ресурсов лошадей в Сибири // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (38). С. 139–146.
2. Куликова О.Л. Роль и место кишечных стронгилятозов в формировании нозопрофиля инвазионной патологии лошадей // Ветеринарная патология. 2007. № 3. С. 75–78.
3. Куликова О.Л. Распространение кишечных нематодозов лошадей // Международный вестник ветеринарии. 2009. № 3. С. 25–28.
4. Новак М.Д., Енгашиев С.В., Енгашева Е.С. Стронгилятозы желудочно-кишечного тракта и стронгилоидоз лошадей в Центральном районе Российской Федерации // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2020. Вып. 21. С. 301–306. DOI: 10.31016/978-5-9902341-5-4.2020.21.301-306.
5. Пузанова Е.В. Прогноз эпизоотической ситуации по основным гельминтозам сельскохозяйственных животных на территории Российской Федерации на 2020 г. // Российский паразитологический журнал. 2020. № 2. С. 53–61. DOI: 10.31016/1998-8435-2020-14-2-53-61.
6. Donato Traversa, Piermarino Milillo, Helen Barnes, Georg von Samson-Himmelstjerna, Sandra Schurmann, Janina Demeler, Domenico Otranto, Riccardo P. Lia, Stefania Perrucci, Antonio Frangipane di Regalbano, Paola Beraldo, Deborah Amodie, Karl Rohn, Rami Cobb, Albert Boeckh. Distribution and species-specific occurrence of cyathostomins (Nematoda, Strongylida) in naturally infected horses from Italy, United Kingdom and Germany // Veterinary Parasitology. 2010. Vol. 168. P. 84–92.
7. Stephanie Schneider, Kurt Pfister, Anne M. Becher, Miriam C. Scheuerle. Strongyle infections and parasitic control strategies in German horses — a risk assessment // BMC Veterinary Research. 2014. N 10. URL: <http://www.biomedcentral.com/1746-6148/10/262>. DOI: 10.1186/S12917-014-0262-Z.
8. Matthews J., Hodgkinson J., Dowdall S., Proudman C. Recent developments in research into the Cyathostominae and *Anoplocephala perfoliata* // Veterinary research. 2004. Vol. 35 (4). P. 371–819.
9. Дашинимаев Б.Ц., Базарон Б.З., Потаев В.С. Экономический ущерб при смешанных инвазиях желудочно-кишечного тракта у молодняка лошадей в Забайкалье // Коневодство и конный спорт. 2015. № 6. С. 33–35.
10. Heidrun Gehlen, Nadine Wolke, Antonia Ertelt, Martin K. Nielsen, Simone Morelli, Donato Traversa, Roswitha Merle, Douglas Wilson, Georg von Samson-Himmelstjerna. Comparative Analysis of Intestinal Helminth Infections in Colic and Non-Colic Control Equine Patients // Animals (Basel). 2020. N 10 (10). P. 1916. DOI: 10.3390/ani10101916 - PubMed.
11. Proudman C.J., French N.P., Trees A.J. Tapeworm infection is a significant risk factor for spasmodic colic and ileal impaction colic in the

- horse // *Equine Veterinary Journal*. 1998. N 30. P. 194–199.
12. Кузьмина Т.А. Стронгилиды (Nematoda: Strongylidae) домашних лошадей в Украине: современное состояние фауны и структура сообществ // *Паразитология*. 2012. Том 46. Вып. 2. С. 127–138.
 13. Дашиинимаев Б.Ц., Боярова Л.И. Видовой состав паразитов пищеварительного тракта лошадей в Забайкальском крае // *Ветеринария*. 2017. № 11. С. 39–43.
 14. Кокколова Л.М., Гаврильева Л.Ю., Иванова З.К., Степанова С.М. Распространение гельминтозов у лошадей табунного содержания в Республике Саха (Якутия) // *Российский паразитологический журнал*. 2014. № 3. С. 30–33.
 15. Понамарев Н.М. Сроки развития личинок стронгилят лошадей во внешней среде в условиях Алтая // *Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями*. 2005. Вып.6. С. 285–287.
 16. Амироков М.А., Зубарева И.М. Мониторинг основных эндопаразитов сельскохозяйственных животных по Новосибирской области // *Инновация и продовольственная безопасность*. 2017. № 2 (16). С. 14–20.
 17. Калугина Е. Г., Столбова О.А. Популяция *Parascaris equorum* в организме лошадей в разные сезоны года в условиях Тюменской области // *Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями*. 2020. Вып. 21. С. 112–117. DOI: 10.31016/978-5-9902341-5-4.2020.21.112-116.
 18. Мигачева Л.Д., Котельников Г.А. Методические рекомендации по использованию устройства для подсчета яиц гельминтов // *Бюллетень Всесоюзного института гельминтологии*. 1987. Вып. 48. С. 81–83.
 19. Канустин В.Ф. Атлас наиболее распространенных гельминтов сельскохозяйственных животных: монография. М.: Сельхозгиз, 1953. 140 с.
 20. Марченко В.А., Ефремова Е.А., Васильева Е.А. Структура гельминтоценоза крупного рогатого скота Горного Алтая // *Российский паразитологический журнал*. 2008. № 3. С. 18–23.
 21. Ryu S.H., Bak U.B., Kim J.G., Yoon H.J., Seo H.S., Kim J.T., Park J.Y., Lee C.W. Cecal rupture by *Anoplocephalaperfoliata* infection in a thoroughbred horse in Seoul Race Park, South Korea // *Journal of Veterinary Science*. 2001. N 2 (3). P. 189–193.

REFERENCES

1. Knyazev S.P., Timchenko A.M. Dynamics of the horse population and modern situation in Siberia. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of the Novosibirsk State Agrarian University*, 2016, no. 1 (38), pp. 139–146. (In Russian).
2. Kulikova O.L. The role and place of intestinal strongylatosis in the formation of the nosoprofile of invasive pathology in horses. *Veterinarnaya patologiya = Veterinary pathology*, 2007, no. 3, pp. 75–78. (In Russian).
3. Kuznecova O.L. Prevalence of horses' intestinal nematodes. *Mezhdunarodny vestnik veterinarii = International Bulletin of Veterinary Medicine*, 2009, no. 3, pp. 25–28. (In Russian).
4. Novak M.D., Engashev S.V., Engasheva E.S. Strongylatosis of the gastrointestinal tract and strongyloidosis of horses in the central area of the Russian Federation. *Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami = Theory and practice of parasitic disease control*, 2020, is. 21, pp. 301–306. (In Russian). DOI: 10.31016/978-5-9902341-5-4.2020.21.301-306.
5. Puzanova E.V. Forecast of Epizootic Situation for Main Helminthoses of Farm Livestock in the Russian Federation for 2020. *Rossiiskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2020, no. 2, pp. 53–61. (In Russian). DOI: 10.31016/1998-8435-2020-14-2-53-61.
6. Donato Traversa, Piermarino Milillo, Helen Barnes, Georg von Samson-Himmelstjerna, Sandra Schurmann, Janina Demeler, Domenico Otranto, Riccardo P. Lia, Stefania Perrucci, Antonio Frangipane di Regalbono, Paola Beraldo, Deborah Amodie, Karl Rohn, Rami Cobb, Albert Boeckh. Distribution and species-specific occurrence of cyathostomins (Nematoda, Strongylida) in naturally infected horses from Italy, United Kingdom and Germany. *Veterinary Parasitology*, 2010, vol. 168, pp. 84–92.
7. Stephanie Schneider, Kurt Pfister, Anne M Becher, Miriam C. Scheuerle. Strongyle infections and parasitic control strategies in German horses — a risk assessment. *BMC Veterinary Research*, 2014, no. 10, URL: <http://www.biomedcentral.com/1746-6148/10/262>. DOI: 10.1186/S12917-014-0262-Z.
8. Matthews J., Hodgkinson J., Dowdall S., Proudman C. Recent developments in research into the Cyathostominae and *Anoplocephalaperfoliata*. *Veterinary research*, 2004, vol. 35 (4), pp. 371–819.

9. Dashinimaev B.C., Bazaron B.Z., Potaev V.S. Economic damage caused by mixed invasions of gastrointestinal tract in young horses in Baikal region. *Konevodstvo i konny sport = Konevodstvo I Konny Sport*, 2015, no. 6, pp. 33–35. (In Russian).
10. Heidrun Gehlen, Nadine Wolke, Antonia Ertelt, Martin K. Nielsen, Simone Morelli, Donato Traversa, Roswitha Merle, Douglas Wilson, Georg von Samson-Himmelstjerna. Comparative Analysis of Intestinal Helminth Infections in Colic and Non-Colic Control Equine Patients. *Animals (Basel)*, 2020, no. 10 (10). p. 1916. DOI: 10.3390/ani10101916 - PubMed.
11. Proudman C.J., French N.P., Trees A.J. Tapeworm infection is a significant risk factor for spasmodic colic and ileal impaction colic in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 1998, no. 30, pp. 194–199.
12. Kuz'mina T.A. Strongylids (Nematoda: strongylidae) of domestic horses in Ukraine: modern state of fauna and structure of the parasite community, *Parazitologiya = Parasitology*, 2012, vol. 46, is. 2, pp. 127–138. (In Russian).
13. Dashinimaev B.C., Bojarova L.I. Species composition of horses' digestive tract parasites in Zabaikalsky region. *Veterinarija = Veterinary*, 2017, no. 11, pp. 39–43. (In Russian).
14. Kokolova L.M., Gavril'eva L.Ju., Ivanova Z.K., Stepanova S.M. Spread of helminthosis in herd horses in Republic Sakha (Yakutia). *Rossijskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2014, no.3, pp. 30–33. (In Russian).
15. Ponamarev N.M. Terms of development of larvae of strongylates of horses in the external environment in the conditions of Altai. *Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami = Theory and practice of parasitic disease control*, 2005, is. 6, pp. 285–287. (In Russian).
16. Amirokov M.A., Zubareva I.M. Monitoring of the main endoparasitoses of farm animals in the Novosibirsk region. *Innovacija i prodovol'stvennaja bezopasnost' = Innovations and Food Safety*, 2017, no. 2 (16), pp. 14–20. (In Russian).
17. Kalugina E.G, Stolbova O.A. *Parascaris equorum* population in horses in different seasons of the year in the Tyumen region. *Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami = Theory and practice of parasitic disease control*, 2020, is. 21, pp. 112–117. (In Russian). DOI: 10.31016/978-5-9902341-5-4.2020.21.112-117.
18. Migacheva L.D., Kotel'nikov G.A. Methodological recommendations for the use of a device for counting eggs of helminths. *Byuleten Vsesojuznogo Instituta gel'mintologii = Bulletin of the All-Union Institute of Helminthology*, 1987, is. 48, pp. 81–83. (In Russian)
19. Kapustin V.F. *Atlas of the most common helminths of farm animals*. Moscow, Selchosgis Publ., 1953, 140 p.
20. Marchenko V.A., Efremova E.A., Vasil'eva E.A. Structure of cattle helminthocenosis from Gorny Altai. *Rossijskii parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*, 2008, no. 3, pp. 18–23. (In Russian).
21. Ryu S.H., Bak U.B., Kim J.G., Yoon H.J., Seo H.S., Kim J.T., Park J.Y., Lee C.W. Cecal rupture by Anoplocephalaperfoliata infection in a thoroughbred horse in Seoul Race Park, South Korea. *Journal of Veterinary Science*, 2001, no. 2 (3), pp. 189–193.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Ефремова Е.А.**, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: alfa_parazit@mail.ru

Марченко В.А., доктор биологических наук, заведующий лабораторией

Смертина М.А., аспирант

AUTHOR INFORMATION

✉ **Elena A. Efremova**, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: alfa_parazit@mail.ru

Victor A. Marchenko, Doctor of Science in Biology, Laboratory Head

Mariya A. Smertina, Postgraduate Student

Дата поступления статьи / Received by the editors 11.07.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 26.08.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022

ВЛИЯНИЕ ФИТОБИОТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА МОРФОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ТЕЛЯТ ПРИ ДИСПЕПСИИ

✉ **Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л.**

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

✉ e-mail: luba.saveleva@mail.ru

Представлены результаты влияния комплексных фитопрепаратов на показатели крови при лечении диспепсии молодняка крупного рогатого скота. Материалом исследований служили три группы новорожденных телят герефордской породы с признаками диспепсии. Первой опытной группе задавали препарат № 1 (плоды черемухи, корневище элеутерококка, цветы ромашки, пробиотик) 2 раза в сутки с интервалом 12 ч по 2 мл/кг живой массы; 2-й – выпаивали разработанный препарат № 2 (корневище бадана, лист фенхеля, цветы календулы, пробиотик) 2 раза в сутки с интервалом 12 ч по 2 мл/кг живой массы. Животным контрольной группы не задавали изучаемые препараты, лечили по схеме, принятой в хозяйстве (выпаивали кипяченую воду с NaCl 9 г/л кипяченой воды, панкреатин, тетрациклин). До начала эксперимента у заболевших телят отмечали все клинические признаки диспепсии. После применения фитопрепаратов в опытных группах через 7 дней наблюдали нормализацию лейкоцитов на 60,4 и 48,7% соответственно. Количество эритроцитов во всех исследуемых группах находилось в пределах нормы, уровень гемоглобина в контрольной группе зарегистрирован ниже на 10% в сравнении с нормой и на 20,5% по сравнению с показателем 2-й группы животных. Гематокрит в опытных группах соответствовал норме (35,2 и 38,7% соответственно), в контрольной – превышал норму на 26% ($p < 0,01$). Содержание натрия и калия в сыворотке крови в контрольной группе было снижено на 44 и 17,1% соответственно, в опытных группах находилось в пределах референсных значений. В опытных группах отмечена положительная динамика нормализации кальциево-фосфорного соотношения и железа. Уровень глюкозы достоверно ($p < 0,05$) в 1-й опытной группе увеличился на 2,7%, во 2-й – на 3,9%. Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности препаратов (90 и 100% соответственно) и положительном влиянии на физиологические показатели телят, а также на потребительские качества продукции.

Ключевые слова: телята, диспепсия, лейкоциты, эритроциты, гематокрит, биохимия сыворотки крови

THE EFFECT OF PHYTOBIOTIC PREPARATIONS ON MORPHOCHEMICAL BLOOD PARAMETERS OF CALVES WITH DYSPEPSIA

✉ **Savelyeva L.N., Bondarchuk M.L.**

Research Institute of Veterinary Science of Eastern Siberia - Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Chita, Trans-Baikal Territory, Russia

✉ e-mail: luba.saveleva@mail.ru

The results of the effect of complex phytopreparations on blood parameters in the treatment of dyspepsia in young cattle are presented. Three groups of newborn Hereford calves with signs of dyspepsia were used as the research material. The first experimental group was given the developed preparation № 1 (bird cherry fruit, eleutherococcus rhizome, camomile flowers, probiotic) 2 times a day at 12-hour intervals at the rate of 2 ml/kg of live weight; the 2nd - was given the developed preparation № 2 (bergenia rhizome, fennel leaf, calendula flowers, probiotic) 2 times a day at 12-hour intervals at the rate of 2 ml/kg of live weight. Animals of the control group were not given the studied preparations and were treated according to the scheme adopted at the farm (they were given boiled water with NaCl 9 g/boiled water, pancreatin, tetracycline). Prior to the experiment, all clinical signs of dyspepsia were noted in sick calves. After the application of herbal preparations in the experimental groups in 7 days normalization of leukocytes by 60.4 and 48.7%, respectively,

was observed. The number of erythrocytes in all studied groups was within the normal range, the level of hemoglobin in the control group was registered 10% lower than normal and 20.5% lower than in the second group of animals. Hematocrit in the experimental groups corresponded to the norm (35.2 and 38.7%, respectively), in the control group it exceeded the norm by 26% ($p < 0.01$). The content of sodium and potassium in the blood serum in the control group was reduced by 44 and 17.1%, respectively, and in the experimental groups it was within the reference values. In the experimental groups, positive dynamics of normalization of calcium-phosphorus ratio and iron was noted. Glucose level significantly ($p < 0.05$) increased by 2.7% in the 1st experimental group and by 3.9% in the 2nd group. The data obtained indicate high effectiveness of the preparations (90 and 100% respectively) and a positive effect on the physiological parameters of the calves, as well as on the consumer qualities of the products.

Keywords: calves, dyspepsia, leukocytes, erythrocytes, hematocrit, serum biochemistry

Для цитирования: Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л. Влияние фитобиотических препаратов на морфохимические показатели крови телят при диспепсии // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 98–104. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-12>

For citation: Savelyeva L.N., Bondarchuk M.L. The effect of phytobiotic preparations on morphochemical blood parameters of calves with dyspepsia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 98–104. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-12>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

На долю болезней органов пищеварения приходится 70% от общего количества заболеваний молодняка крупного рогатого скота, из них около 40% заканчивается летальным исходом, причиняя экономический ущерб отрасли животноводства. Заболевание новорожденных животных диспепсией (ферментативный понос) отмечают во все периоды года как в хозяйствах с высоким уровнем ведения животноводства, так и с низким. Данную патологию регистрируют в основном в период массового отела у телят молозивного периода (первых 2–5 сут жизни). Заболевание сопровождается острым расстройством пищеварения, несварением, диареей, нарушением обмена веществ, обезвоживанием организма [1–4].

Причинами развития дисбактериоза в первые дни жизни молодняка животных могут быть различные факторы, поэтому важным аспектом в выяснении этиологии диспепсии является одновременное изучение состава микрофлоры желудочно-кишечного

тракта и показателей крови у новорожденных животных¹ [2, 3].

Применяемые в животноводческих хозяйствах химиотерапевтические препараты не всегда эффективны и могут побочно воздействовать на телят. Препараты растительного происхождения обладают низкой токсичностью, высокой биодоступностью, широким спектром регулирующих эффектов и поливалентностью лечебного действия. Они находят все большее применение в медицинской и ветеринарной практике и являются важным звеном в профилактике и лечении болезней молодняка животных [2, 4].

Цель исследований – оценить влияние фитобиотических препаратов на показатели крови при диспепсии телят.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели проведены экспериментальные исследования в учебно-опытном хозяйстве Забайкальского аграрного института. Лабораторные исследования проводили в лаборатории лабора-

¹Абрамов С.С., Белко А.А. Диетические препараты для профилактики диспепсии новорожденных телят // Всесоюз. науч. конф., посвящ. 140-летию Харьковского зоовет. института им. Н.М. Борисенко: Сб. мат. Харьков, 1991. С. 170–171.

торно-аналитических исследований НИИВ Восточной Сибири – филиала СФНЦА РАН. Перед постановкой опыта использовали комплекс общеизвестных методов диагностики: анализ клинико-эпизоотологических данных хозяйств; условия приема, кормления и содержания новорожденных животных; исследование клинико-физиологического статуса коров и телят, их кормление и содержание.

Разработанные нами препараты представляют собой фитокомплексы (с добавлением пробиотика) в виде растворов, полученных в результате экстрагирования, обладающих синергическим, антибактериальным, антитоксическим, противовоспалительным, вяжущим эффектом [5, 6]. Образец препарата № 1 включает плоды черемухи, корневище элеутерококка, цветы ромашки, пробиотик (*Bacillus amyloliquefaciens* штамм ВКПМ В-10642 не менее 1×10^6 КОЕ живых микробных клеток). Образец препарата № 2 содержит корневище бадана, лист фенхеля, цветы календулы, пробиотик (*Bacillus amyloliquefaciens* штамм ВКПМ В-10642 не менее 1×10^6 КОЕ живых микробных клеток).

Для апробации комплексных препаратов по принципу аналогов сформированы три группы новорожденных телят герефордской породы с признаками диспепсии по 10 животных в каждой группе в возрасте 2–5 дней.

Опытная группа (1-я) – животным задавали препарат № 1 (плоды черемухи, корневище элеутерококка, цветы ромашки, пробиотик) 2 раза в сутки с интервалом 12 ч по 2 мл/кг живой массы.

Опытная группа (2-я) – животным выпаивали разработанный препарат № 2 (корневище бадана, лист фенхеля, цветы календулы, пробиотик) 2 раза в сутки с интервалом 12 ч по 2 мл/кг живой массы.

Контрольная группа – животным не задавали препараты, лечили по схеме, принятой в хозяйстве (выпаивали кипяченую воду с NaCl 9 г/л кипяченой воды, панкреатин, тетрациклин).

У животных всех групп ежедневно оценивали клинический статус животных (температуру, пульс, дыхание, исследование видимых слизистых оболочек, уровень обезвоженности по тургору кожи, состояние фекалий, общее состояние животного) до периода выздоровления животных. Кормление телят проводили в обычном режиме. Для оценки показателей крови при применении препарата у телят на 7-й день эксперимента проведен отбор проб крови в вакуумные пробирки Vacutainer с K_2 ЭДТА для гематологии и с активатором сгустка для биохимии. Для гематологического анализа использовали гематологический анализатор PCE 90 Vet с комплектом специальных реагентов². Исследования сыворотки крови проводили с применением биохимического анализатора URIT 800 Vet с применением расходных материалов ДиаВетТест. Эффективность препарата оценивали по общему состоянию животных, учитывая клинические, гематологические и биохимические показатели.

Биометрическая обработка полученных результатов исследований проведена методом вариационной статистики с применением критерия достоверности по Стьюденту на персональном компьютере с использованием программ Microsoft Office Excel XP.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ клинических и лабораторных данных показал, что заболеваемость новорожденных телят диспепсией в хозяйстве варьирует от единичных случаев до 15–30%, летальность достигает 10–45% от числа заболевших, кроме того, для переболевших животных характерно снижение мясной продуктивности в пределах 10–27% [2, 3]. Все подопытные телята в начале опыта имели признаки острого расстройства желудочно-кишечного тракта в легкой форме, выздоровление в 1-й и 2-й группах наступило на 4-е и 3-и сутки соответственно. Животные в 1-й и 2-й опытных группах в конце экспе-

²«Набор реагентов диагностических для обеспечения работы гематологических анализаторов по ТУ 9398-001-85747522-2009» производства ООО «Клиникал Диагностик Солюшнз» (Россия).

римента были более подвижны, рефлексy хорошо выражены, признаки диареи отсутствовали, частота пульса и дыхания находились в пределах физиологической нормы (см. табл. 1).

Животные контрольной группы перенесли заболевание в тяжелой форме (пали 20% телят), отстали в массе по сравнению с опытными группами в среднем на 17,5%. Признаки диспепсии прекратились на 7-й день. Основные результаты эксперимента приведены в табл. 1, 2.

При клиническом анализе больных диспепсией новорожденных телят наблюдали повышение температуры тела $41,5 \pm 0,13$ °C ($p < 0,05$), уменьшение аппетита, угнетенное состояние, снижение тургора кожи, сухость шерстного покрова, анемичность

конъюнктивы, диарею. После применения фитобиотических препаратов клинические показатели у опытных групп нормализовались, фекалии на 3–4-й день лечения стали сформированными, заболевание у молодняка протекало в более легкой форме. У 70% животных контрольной группы сохранялись повышенная температура и одышка, пульс был учащенным, фекалии – жидкими.

Для оценки влияния препарата на показатели крови опытных групп телят после 7-дневного лечения проведена сравнительная оценка некоторых ее показателей (см. табл. 2).

Анализ морфологических показателей крови дал возможность оценить физиологическое состояние организма животных. Количество лейкоцитов в контрольной группе

Табл. 1. Клинические показатели новорожденных телят в опытных группах ($n = 30$, $M \pm m$)

Table 1. Clinical indicators of newborn calves in the experimental groups ($n = 30$, $M \pm m$)

Группа	Температура тела, °C	Частота пульса, уд/мин	Частота дыхания в минуту
Норма	38,5–40,0	120–160	12–30
Опытная			
1-я	$40,7 \pm 0,34$	$159,1 \pm 2,82$	$27,1 \pm 0,83^*$
2-я	$37,4 \pm 0,23^*$	$127,6 \pm 1,87^{**}$	$20,3 \pm 1,16^*$
Контрольная	$41,5 \pm 0,13$	$165,2 \pm 2,11$	$33,4 \pm 1,42$

Здесь и в табл. 2.

* $p < 0,05$.

** $p < 0,01$.

*** $p < 0,001$.

Табл. 2. Сравнительная характеристика гематологических и биохимических показателей крови телят опытных групп ($n = 30$, $M \pm m$)

Table 2. Comparative characteristics of hematological and biochemical parameters of blood of calves of experimental groups ($n = 30$, $M \pm m$)

Показатель	Норма	Опытная группа животных		Контрольная группа
		1-я	2-я	
Лейкоциты (WBC, 10^9 /л)	8–16	$11,9 \pm 0,6$	$9,6 \pm 0,40$	$19,7 \pm 0,4^{**}$
Эритроциты (RBC, 10^{12} /л)	6–7,5	$6,8 \pm 0,89$	$7,2 \pm 0,90$	$6,9 \pm 0,79$
Гемоглобин (HGB, г/л)	90–110	$95,0 \pm 2,50$	$102,2 \pm 2,45^*$	$81,0 \pm 2,63$
Гематокрит (HCT, %)	36–50	$35,2 \pm 5,30$	$38,7 \pm 4,66$	$63,3 \pm 5,80^{**}$
Калий, ммоль/л	3,5–4,5	$3,9 \pm 0,20$	$4,4 \pm 0,51$	$2,9 \pm 0,32$
Натрий, ммоль/л	135–148	$141,1 \pm 7,13$	$154,2 \pm 6,21$	$75,6 \pm 3,23^{**}$
Кальций, ммоль/л	2,5–3,3	$2,1 \pm 0,44$	$2,7 \pm 0,40$	$1,4 \pm 0,14^*$
Фосфор, ммоль/л	1,4–1,9	$1,3 \pm 0,80$	$1,7 \pm 0,74$	$1,2 \pm 0,22$
Железо, ммоль/л	1,0–3,4	$1,9 \pm 0,36$	$2,5 \pm 1,24^*$	$0,7 \pm 0,14$
Глюкоза, г/л	2,2–3,2	$2,5 \pm 0,64$	$2,9 \pm 0,22^*$	$1,2 \pm 0,83^*$

зарегистрировано выше на 23,13% ($p < 0,01$) по сравнению с верхним порогом нормативного диапазона³ (лейкоцитоз). Так как показатель лейкоцитов служит индикатором патологии, в данной группе отмечено наличие воспалительного процесса. Использование фитобиотических препаратов № 1 и № 2 способствовало уменьшению в крови количества белых кровяных телец на 60,4 и 48,7% соответственно, что свидетельствует о снижении уровня заболевания у исследованных животных. Количество эритроцитов во всех исследуемых группах находилось в пределах нормы, уровень гемоглобина в контрольной группе отмечен ниже на 10% в сравнении с нижним порогом нормы и на 20,5% в сравнении с показателем 2-й группы животных. Гематокритная величина в опытных группах соответствовала нормальным значениям, она составила 35,2 и 38,7% соответственно. В контрольной группе данный показатель был выше нормы на 26% ($p < 0,01$), что свидетельствует о дегидратации клеток, характерной для диспепсических состояний организма из-за потери воды [6, 7].

По результатам полученных биохимических исследований установлено, что содержание натрия и калия в сыворотке крови животных контрольной группы отмечено ниже нормального физиологического значения на 44,0 и 17,1% соответственно, тогда как в опытных группах находилось в пределах референсных значений. У телят контрольной группы отмечено пониженное содержание кальция $1,4 \pm 0,14$ ммоль/л ($p < 0,05$) как результат нарушения абсорбции в кишечнике при развитии диспепсии. Концентрации неорганического фосфора и железа соответствовали верхней границе физиологической нормы⁴.

Известно, что недостаток железа в организме молодняка является пусковым механизмом нарушения метаболизма эритроцитов и восстановительных реакций в тканях,

ведущего к глубокой анемии [8–11]. У молодняка опытных групп данный элемент находился в пределах физиологической нормы, в контрольной группе – снижен на 30%.

Уровень глюкозы у животных контрольной группы уменьшился на 45,5%. Такие изменения происходят из-за нарушения перикисного окисления липидов, приводящих к накоплению недоокисленных продуктов обмена [9–13]. После применения фитобиотических препаратов в опытных группах через 7 дней содержание в сыворотке крови глюкозы достоверно ($p < 0,05$) в 1-й опытной группе увеличилось на 2,7%, во 2-й – на 3,9%. При сравнении показателей контрольной и 2-й опытной групп – на 12,1% ($p < 0,001$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование разработанных нами препаратов способствует нормализации морфологических показателей крови (лейкоцитов, гемоглобина, гематокрита) и биохимических показателей сыворотки крови телят (натрия, калия, кальциево-фосфорного соотношения, железа, глюкозы). Применение фитобиотических составов положительно влияет на регуляцию окислительно-восстановительных процессов, обмен веществ, водно-солевой обмен, на общее клиническое состояние животных. Наиболее эффективным (на 10% по сравнению с препаратом № 1 и на 40% – с контролем) зарекомендовал себя препарат № 2 (корневище бадана, лист фенхеля, цветы календулы, пробиотик).

Своевременная комплексная терапия диспепсии телят данным препаратом в дозе 2 мл/кг 2 раза в сутки позволит сократить уровень заболевания молодняка на 40% и сроки терапии до 3 дней. Животноводческие хозяйства смогут снизить потери от недополученного привеса, падежа молодняка крупного рогатого скота, не потеряв при этом потребительские качества животноводческой продукции.

³Бажбина Е.Б., Коробов А.В., Серeda С.В., Сапрыкин В.П. Методологические основы оценки клинико-морфологических показателей крови домашних животных: Учебное пособие. М.: ООО «Аквариум-Принт», 2007. 128 с.

⁴Медведева М.А. Клиническая ветеринарная лабораторная диагностика. Справочник для ветеринарных врачей. М.: ООО «Аквариум – Принт», 2008. 416 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев А.А., Семенютин В.В. Новое в профилактике и лечении диспепсии телят // Ветеринарная патология. 2004. № 3. С. 104–109.
2. Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л. Мониторинг болезней органов пищеварения крупного рогатого скота на территории Забайкальского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 77–82.
3. Xu R.J., Zhang S.H., Wang F.U. Postnatal adaptation of the gastrointestinal tract in neonatal pigs: a possible role of milk-borne growth factors // *Livestock Prod Science*. 2000. N 66. P. 95–107.
4. Савельева Л.Н. Сравнительная оценка диагностических методов желудочно-кишечных расстройств у телят // Вестник Красноярского аграрного университета. 2021. № 11. С. 154–159.
5. Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л., Куделко А.А. Результаты доклинических исследований нового разрабатываемого препарата на основе растительных экстрактов для профилактики и лечения острых расстройств желудочно-кишечного тракта поросят // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 11 (77–1). С. 191–194.
6. Савельева Л.Н., Бондарчук М.Л., Куделко А.А. Эффективность новых лечебно-профилактических препаратов при желудочно-кишечных расстройствах у поросят // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 3 (51). С. 87–90.
7. Науменко П.А., Комкова Е.А., Зайналабдиева Х.М., Арсанукаев Д.Л. Гематологические показатели крови у телят молочного периода выращивания // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2013. № 1 (40). С. 122–125.
8. Chamberlin W.G., Middleton J.R., Spain J.N. Subclinical hypocalcemia, plasma biochemical parameters, lipid metabolism, postpartum disease, and fertility in post parturient dairy cows // *American Dairy Science Association*. 2013. P. 7002–7011.
9. Оздемиров А.А., Анаев М.С., Айгубова С.А., Рамазанова Д.М. Желудочно-кишечные болезни молодняка крупного рогатого скота в прикаспийском районе России // Ветеринарная патология. 2016. № 10 (15). С. 5–10.
10. Пронин В.В., Фисенко С.П., Пронин А.В. Характеристика морфологических и биохимических показателей крови телят черно-пе-

строй породы под влиянием йода и селена // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2010. Т. 201. С. 316–319.

11. Эленишлегер А.А., Утц С.А. Эффективность применения пробиотика «Ветом 1.2» для повышения уровня иммуноглобулинов в молозиве коров и в крови у коров и телят // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 11 (193). С. 79–84.
12. Тихонова Е.М. Оценка влияния «Ветохит» на показатели крови коров // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015. № 3. С. 104–106.
13. Шевченко С.А. Показатели роста и морфобиохимического статуса крови телят под влиянием пробиотика «Ветом 1.1» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 1 (99). С. 82–84.

REFERENCES

1. Aliyev A.A., Semenyutin V.V. New things in the prevention and treatment of dyspepsia in calves. *Veterinarnaya Patologiya. = Veterinary Pathology*, 2004, no. 3, pp. 104–109. (In Russian).
2. Savelyeva L.N., Bondarchuk M.L. Monitoring of the bovine digestive diseases on the Transbaikal territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 77–82. (In Russian).
3. Xu R.J., Zhang S.H., Wang F.U. Postnatal adaptation of the gastrointestinal tract in neonatal pigs: a possible role of milk-borne growth factors. *Livestock Prod Science*, 2000, no. 66, pp. 95–107.
4. Savelyeva L.N. Gastrointestinal disorders diagnostic methods comparative assessment in calves. *Vestnik Krasnoyarskogo agrarnogo universiteta = The Bulletin of KrasGAU*, 2021, no. 11, pp. 154–159. (In Russian).
5. Savelyeva L.N., Bondarchuk M.L., Kudelko A.A. Results of pre-clinical studies of new medical preparation under development on the basis of plant extracts for prevention and treatment of acute diseases of the gastrointestinal tract of piglets. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal = International Research Journal*, 2018, no. 11 (77–1), pp. 191–194. (In Russian).
6. Savelyeva L.N., Bondarchuk M.L., Kudelko A.A. Effectiveness of new medioprophy-

- lactic drugs for prevention of gastrointestinal disorders in piglets. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik = Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2019, no. 3, (51). pp. 87–90. (In Russian).
7. Naumenko P.A., Komkova E.A., Zainalabdi-eva Kh.M., Arsanukaev D.L. Hematological blood parameters in calves of the dairy period of growing. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Agrarian Science*, 2013, no. 1 (40), pp. 122–125. (In Russian).
 8. Chamberlin W.G., Middleton J.R., Spain J.N. Subclinical hypocalcemia, plasma biochemical parameters, lipid metabolism, postpartum disease, and fertility in postparturient dairy cows. *American Dairy Science Association*, 2013, pp. 7002–7011.
 9. Ozdemirov A.A., Anaev M.S., Aigubova S.A., Ramazanova D.M. Gastrointestinal diseases of young cattle in the Caspian region of Russia. *Veterinarnaya Patologiya. = Veterinary Pathology*, 2016, no. 10 (15), pp. 5–10. (In Russian).
 10. Pronin V.V., Fisenko S.P., Pronin A.V. Morphological characteristics and biochemical parameters of blood in black-and-white calves under the influence of iodine and selenium. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana = Academic notes of Kazan state academy of veterinary medicine named after N. Bauman*, 2010, vol. 201, pp. 316–319. (In Russian).
 11. Elenschleger A.A., Utz S.A. The effectiveness of using the probiotic product Vetom 1.2 to increase the level of immunoglobulins in the colostrum of cows and in the blood of cows and calves. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2020, no. 11 (193), pp. 79–84. (In Russian).
 12. Tikhonova E.M. Assessment of the impact of "Vetokhit" on the blood parameters of cows. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii = Legal regulation in veterinary medicine*, 2015, no. 3, pp. 104–106. (In Russian).
 13. Shevchenko S.A. Indices of growth and morpho-biochemical blood status of calves under effect of "Vetom 1.1" probiotic product. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2013, no. 1 (99), pp. 82–84. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Савельева Л.Н., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 672010, Забайкальский край, Чита, ул. Кирова, 49; e-mail: luba.savelyeva@mail.ru

Бондарчук М.Л., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Lubov N. Savelyeva**, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher; **address:** 49, Kirova St., Chita, Trans-Baikal Territory, 672010, Russia; e-mail: luba.savelyeva@mail.ru

Maria L. Bondarchuk, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 15.08.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 14.10.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022



МЕТОДЫ НЕИНВАЗИВНОЙ ОЦЕНКИ ПОЛОВОГО ДИМОРФИЗМА ЭМБРИОНОВ В ЯЙЦЕ ПТИЦЫ

✉ **Алейников А.Ф.**^{1,2}

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

²*Новосибирский государственный технический университет*
Новосибирск, Россия

✉ e-mail: fti2009@yandex.ru

Показана необходимость определения пола эмбрионов в яйце птицы неинвазивными методами до инкубации и в ее период. Применение неразрушающих методов оценки полового диморфизма на практике существенно уменьшит затраты на производство яиц и мяса сельскохозяйственной птицы. Внедрение таких методов также снизит нравственные проблемы, связанные с физическим уничтожением вылупившихся цыплят в зависимости от яичного или бройлерного направления профиля птицефабрик. Рассмотрены основные методы и технические средства определения полового диморфизма, применяемые в мировой практике, основным недостатком которых является сложность реализации и связанная с ней высокая цена приобретения таких средств. Проведен анализ существующих мировых тенденций по определению полового диморфизма эмбрионов в яйце птицы. Выявлены менее затратные методы оценки их пола до инкубации и во время ее проведения. Проанализированы основные неинвазивные методы оценки полового диморфизма эмбриона яйца и показаны преимущества и недостатки этих методов. Научная новизна исследований заключается в том, что впервые предложено использовать при оценке полового диморфизма все параметры формы, включая асимметрию яйца по трем пространственным координатам, определяемым методами компьютерного зрения. Предложена экспериментальная колориметрическая установка для оценки полового диморфизма эмбрионов яиц до и во время инкубационного процесса на основе компьютерного зрения. Использование экспериментальной установки при исследованиях позволит оценить эффективность не менее трех методов определения полового диморфизма эмбрионов в яйце курицы по следующим параметрам: пространственной асимметрии яйца, структурным изменениям развития эмбриона и частоте его сердечных сокращений.

Ключевые слова: яйцо, инкубация, эмбрион, диморфизм, неинвазивные методы, компьютерное зрение

METHODS FOR NONINVASIVE ASSESSMENT OF SEXUAL DIMORPHISM OF EMBRYOS IN THE POULTRY EGG

✉ **Aleynikov A.F.**^{1,2}

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

²*Novosibirsk State Technical University*
Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: fti2009@yandex.ru

The necessity of determining the sex in the bird's egg by non-invasive methods before incubation and during the incubation period is shown. The use of non-destructive methods for assessing sexual dimorphism in practice will significantly reduce the cost of producing eggs and poultry meat. The

introduction of such methods will reduce the moral problems associated with the physical destruction of hatched chickens, depending on the egg or broiler direction of the poultry farm profile. The main methods and technical means for determining sexual dimorphism, used in world practice, are considered, the main disadvantage of which is the complexity of implementation and the associated high cost of acquiring such tools. Analysis of current world trends in the determination of sexual dimorphism of embryos in the poultry egg was carried out. Less costly methods of estimating their sex before and during incubation were identified. The main noninvasive methods for assessing the sexual dimorphism of the egg embryo are analyzed and the advantages and disadvantages of these methods are shown. The scientific novelty of the research lies in the fact that for the first time it was proposed to use all shape parameters, including egg asymmetries in three spatial coordinates, determined by computer vision methods, when assessing sexual dimorphism. An experimental colorimetric apparatus for assessing the sexual dimorphism of egg embryos before and during the incubation process based on computer vision was proposed. The use of an experimental setup in research will allow evaluating the effectiveness of at least 3 methods for determining the sexual dimorphism of chicken eggs in terms of parameters: spatial asymmetry of the egg, structural changes in the development of the embryo and its heart rate.

Keywords: egg, incubation, embryo, dimorphism, noninvasive methods, computer vision

Для цитирования: Алейников А.Ф. Методы неинвазивной оценки полового диморфизма эмбрионов в яйце птицы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 105–116. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-13>

For citation: Aleynikov A.F. Methods for noninvasive assessment of sexual dimorphism of embryos in the poultry egg. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 105–116. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-13>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 22-26-00198, <https://rsct.ru/project/22-26-00198/>

Acknowledgments

The study was supported by grant No. 22-26-00198 from the Russian Science Foundation, <https://rsct.ru/project/22-26-00198/>

ВВЕДЕНИЕ

Яйца домашних птиц содержат большое количество ценных микроэлементов и питательных веществ, поэтому относятся к числу наиболее востребованных и незаменимых продуктов питания. Они являются главным источником белка и используются для приготовления большого количества традиционных блюд, незаменимы для диетического и спортивного питания.

Существует предпочтение по признаку пола при производстве курятины, где самец предпочтительнее при производстве бройлеров, а самка при производстве яиц. Для производства бройлеров курочки уступают петушкам из-за более низких темпов роста по сравнению со своими сверстниками [1, 2]. Петушкам, чтобы набрать вес, необходимы дополнительные расходы на корм. Использование курочек в бройлерных хозяйствах

экономически не оправдано из-за более низкого прироста массы тела по сравнению с петушками. Однако петушки не могут быть использованы при производстве яиц – единственного продукта, который усваивается организмом человека на 97–98%.

Из-за гендерной ориентации производства каждый год в мире более 7,0 млрд однодневных петушков уничтожают, что приводит к значительным экономическим потерям [3, 4].

Многие исследователи пытались применять различные стратегии для определения пола эмбриона до выхода птенцов из яйца и даже до инкубации, основываясь на различиях в содержании ДНК в бластодерме, гормональных различиях (эстрогенах) в аллантаисной жидкости и флуоресцентных свойствах крови эмбрионов [5]. Точно установлено, что половые различия существуют в составе органических веществ эмбрионов

при инкубации, в запахе яиц, содержании ДНК, интенсивности флуоресценции крови и в комбинационном рассеянии. Однако эти методы редко используются на практике, поскольку они разрушают целостность структуры яйца.

Перспективный и эффективный метод определения пола эмбриона в яйце не должен затрагивать целостность яичной скорлупы или эмбриона внутри и оказывать отрицательное влияние на развитие эмбриона после процесса вывода и развития. Метод должен быть быстродействующим, чтобы его можно было применять к большому количеству яиц, экономически целесообразным с точки зрения применения не только на крупных птицефабриках страны, но и в фермерских хозяйствах Российской Федерации, а также быть приемлемым с этической точки зрения.

Цель исследования – провести анализ существующих мировых тенденций по определению полового диморфизма яйца сельскохозяйственной птицы и выявить менее затратные методы оценки пола до инкубации и во время ее проведения.

Существующие методы и средства оценки полового диморфизма

В работе [6] предложен и опробован метод идентификации пола на 9-й день инкубации путем измерения сульфата эстрогена в продукте обмена веществ в эмбрионе эмбриона – аллантаической жидкости. В скорлупе яйца просверливали отверстия и с помощью инсулинового шприца отбирали 20–50 мл этой жидкости. При исследованиях выяснили, что эмбрионы женского пола обладают более высоким уровнем гормонов в аллантаической жидкости, чем эмбрионы мужского пола. Метод применялся для уничтожения яиц с мужскими эмбрионами на 9-й день инкубации и был лишь экономически выгодным по сравнению с традиционнойточной выбраковкой цыплят мужского пола. Однако использование этого ручного метода забора биоматериала эмбриона может по-

вредить эмбриональные структуры и даже привести к гибели эмбриона исследуемого яйца.

В работе [7] в скорлупе яйца с помощью лазера прожигали небольшое отверстие в течение с 8-го по 10-й день инкубационного периода. Затем извлекали небольшое количество раствора содержимого яйца и определяли содержание эстрогенов.

Немецкая компания Seleggt в 2017 г. разработала первую функциональную и востребованную технологию определения пола с помощью гормонального теста¹. В этой технологии используется лазер, который также выжигает отверстие размером не более 0,3 мм в яичной скорлупе.

Данный метод основан на эндокринологическом процессе и позволил определить пол будущего цыпленка через 8–10 дней после яйцекладки с достоверностью 98%. Производительность при этом методе составляла 3600 яиц в час.

Широкое распространение в исследованиях определения пола эмбрионов получили методы флуоресценции [8, 9] и рамановской спектроскопии [10, 11], названного в честь лауреата Нобелевской премии индийского физика Чандрасекхара Венката Рамана. Рамановская спектроскопия основана на неупругом рассеянии фотонов, известном как комбинационное рассеяние, сопровождающееся заметным изменением частоты излучения.

Исследователи Лейпцигского университета реализовали на практике комбинацию методов флуоресценции и рамановской спектроскопии [12]. Исследования проводили на ранних стадиях развития эмбриона, когда он еще не обладает чувствительностью к боли [13, 14]. Действительно, при инкубации куриного яйца до 5 дней эмбрион обладает примитивным кровообращением, обеспечивающим газообмен через экстраэмбриональную васкуляризованную область желточного мешка. Диаметр этой области составляет порядка 30 мм.

¹In-ovo sexing URL: https://en.wikipedia.org/wiki/In-ovo_sexing#:~:text=In%20poultry%20farming%2C%20in-ovo%20sexing,company%20Seleggt%20in%20November%202018 (дата обращения 25.04.2022).

При исследовании яйцо ставили в вертикальное положение, при котором тупой конец яйца обращен вверх (см. рис. 1). Эмбрион в таком случае оказывался в центре васкуляризированной области, ниже воздушной камеры на тупом конце яйца. При этом воздушная камера локализована между внутренней оболочкой, которая непосредственно контактирует с белком, и наружной оболочкой, которая прилегает к скорлупе. На тупом конце яйца вскрывалась наружная оболочка совместно со скорлупой. При образовании окна в оболочке на тупом конце внутренняя мембрана эмбриона остается неповрежденной. Учитывая то, что она достаточно тонкая, через мембрану виден эмбрион с желточным кровообращением (см. рис. 2).

Этот факт позволил идентифицировать сосуды под рамановским микроскопом, облучать циркулирующую кровь лазером

ближнего инфракрасного диапазона и получать спектр обратного рассеяния.

Возбужденные лазерным инфракрасным излучением спектры излучения, полученные из кровеносных сосудов эмбриона, состояли из полос комбинационного рассеяния. Полосы рассеивания были смещены с возникающей от излучения лазера флуоресценцией. Как показали проведенные исследования, при возбуждении инфракрасным излучением с длиной волны ≈ 910 нм интенсивность флуоресценции яиц самок $I_{\text{ж}}$ оказалась ниже по сравнению с интенсивностью флуоресценции яиц самцов $I_{\text{м}}$ ($I_{\text{ж}} = 91$, $I_{\text{м}} = 68$). По утверждению авторов этого исследования, достоверность определения пола по этому методу составила 93%.

Следует отметить, что этот метод инвазивный, оказывает негативное влияние на рост и развитие вылупившихся птенцов.

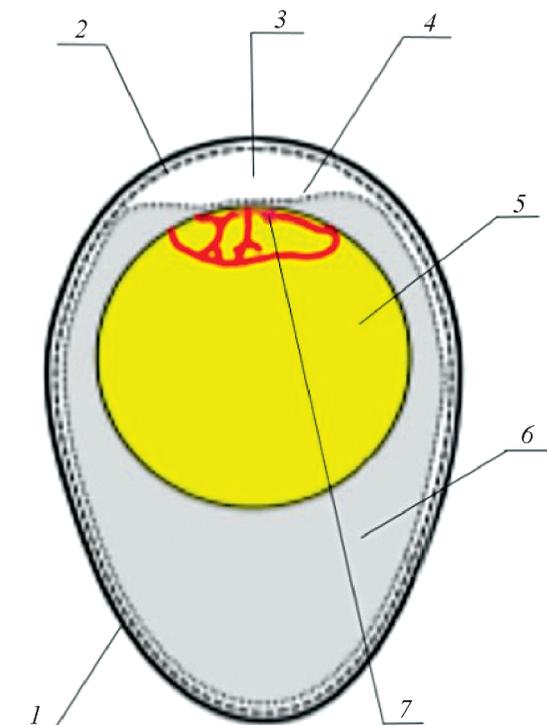


Рис. 1. Структура и расположение яйца при его препарировании:

1 – скорлупа; 2 – наружная подскорлуповая оболочка; 3 – воздушная камера (пуга); 4 – внутренняя подскорлуповая оболочка; 5 – желток; 6 – белок; 7 – эмбрион

Fig. 1. The structure and arrangement of the egg in its dissection:

1 – shell; 2 – outer shell membrane; 3 – air cell; 4 – inner shell membrane; 5 – yolk; 6 – protein; 7 – embryo



Рис. 2. Внешний вид кровеносных сосудов эмбриона на 5-й день инкубации при вскрытии наружной оболочки яйца

Fig. 2. The appearance of the blood vessels of the embryo on the 5th day of incubation when opening the outer shell of the egg

Компания In Ovo совместно с Лейденским университетом создали автоматизированный метод отбора микропроб жидкости из яйца со скоростью отбора три пробы в секунду. С помощью быстродействующего масс-спектрометра Sciex Echo® MS создан роботизированный комплекс, способный сортировать эмбрионы по полу на 9-й день его развития².

Однако такой технологический комплекс сортировки яиц по половым признакам не доступен отечественным потребителям из-за его сложности реализации и высокой стоимости.

Анализ перспективных малозатратных методов оценки полового диморфизма

В настоящее время идут интенсивные поисковые исследования по разработке относительно несложных методов оценки пола эмбрионов в яйце птицы.

Тайну зарождения цыпленка пытался разгадать еще выдающийся античный ученый Аристотель³. Он предполагал, что из продолговатых яиц получаются петушки, из округлых – курочки. Несмотря на то, что этот факт не подтвердился на практике, его идея о различии формы и геометрических параметрах яйца в определении пола находит свое место в отечественных и зарубежных исследованиях. Так, ряд отечественных ученых считают, что можно определить пол до инкубации по индексу формы⁴, который представляет собой отношение продольного l и поперечного b геометрического размера яйца. Авторы, измеряя эти размеры лазерным интерферометром, утверждают, что если у яйца отношение $l/b = 1,2-1,3$ – это будущие курочки, $l/b = 1,4-1,5$ – будущие петушки.

Учитывая, что объем и площадь поверхности яиц являются надежными прогнозными параметрами качественных характеристик инкубационных куриных яиц, многие исследователи предлагают провести геометрическое преобразование фактиче-

ского контура яйца в известную геометрическую фигуру, форма которой больше всего напоминает исследуемое яйцо [15–19].

Как правило, при анализе всех форм яйца использовались четыре геометрические фигуры: сфера, эллипсоид, яйцевидная и грушевидная [20].

Если первые три фигуры имели четкое математическое определение, каждое из которых получено из выражения предыдущего, то формулу для грушевидного профиля вывели совсем недавно. При этом, кроме параметров индекса формы, использовали значения смещения вертикальной оси яйца и диаметра заостренного конца яйца на длине $l/4$. Учет этих четырех параметров позволил ученым В.Г. Нарушину, М.Н. Романову (Украина) и Д.К. Гриффину (Великобритания) вывести универсальное уравнение для определения контуров яиц птиц, существующих в природе [21]. Можно ожидать, что полученные в исследованиях аналитические уравнения будут не только основой для исследований в области эволюционной биологии, но и использованы для прогнозирования пола яйца до его инкубации.

Для контроля всех технологических процессов в птицеводстве интенсивно используются системы компьютерного зрения [22], структурная схема которой приведена на рис. 3.

Применение компьютерного зрения уменьшает затраты на трудоемкие процессы, связанные с нарастающей интенсификацией производства продукции птицефабрик, необходимостью создания приемлемых условий благополучия развития животных. Системы компьютерного зрения могут обеспечить надежную, неинвазивную и прецизионную технологию зондирования и мониторинга различных аспектов производственных процессов птицеводства. Они обеспечат формирование большого объема разнообразных данных по оценке жизнеде-

²In Ovo URL: <https://www.cbinsights.com/company/in-ovo>. Peebles E.D. In ovo applications in poultry: A review 2018. Vol. 97. Is. 7. P. 2322–2338. DOI: 10.3382/ps/pey08.

³Аристотель (384–322 до н.э.). О возникновении животных / пер. с греч. М.; Л.: АН СССР, 1940. 252 с.

⁴Пат. (RN) № 2238643. Способ автоматизированной сортировки куриных яиц по признакам пола / Н.В. Василенко, Е.Н. Ивашов, В.В. Проценко, С.В. Степанчиков; заявл. 07.05.2002; опубл. 27.10.2004; Бюл. № 30.

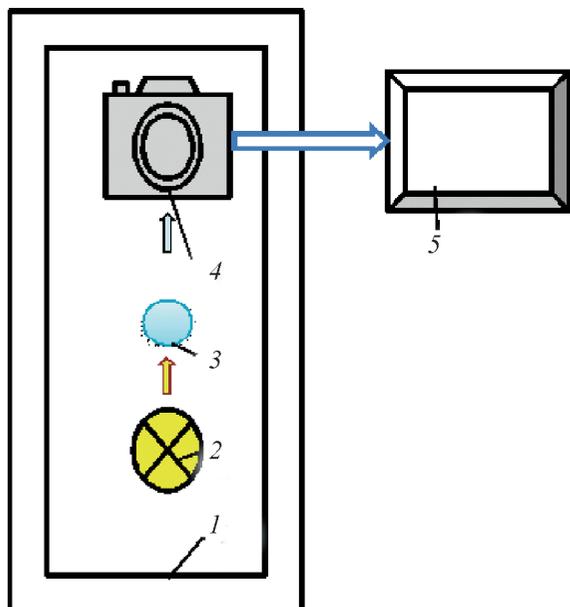


Рис. 3. Структурная схема экспериментальной установки компьютерного зрения:

1 – темная комната; 2 – RGB-осветитель; 3 – яйцо; 4 – фотоаппарат; 5 – ноутбук

Fig. 3. Structural diagram of the experimental setup for computer vision:

1 – dark room; 2 – RGB illuminator; 3 – egg; 4 – camera; 5 – laptop

тельности и прогноза половых признаков эмбрионов яиц для последующего анализа. Поскольку компьютерное зрение при получении изображений использует математический аппарат, оно будет эффективно при разработке методов прогноза половых признаков по параметрам формы, включая асимметрию яйца по трем пространственным координатам, до или во время их инкубации.

Осуществить такой прогноз чрезвычайно трудно, несмотря на то, что компьютерные методы производят идентификацию, классификацию изображений, семантическую сегментацию, обнаружение и распознавание структурных элементов исследуемых объектов с помощью методов машинного обучения на основе глубоких нейронных сетей [23].

Результаты проведенных исследований связи линейных размеров яиц у диких птиц (воробей, чибис, канарейка, европейский дрозд, жаворонок и др.) с половым димор-

физмом довольно пессимистичны и не дают однозначного ответа [24].

В данном случае предлагается определять асимметрию линейных размеров яйца относительно трех пространственных координат. Стремление к симметрии формы у живых организмов – известный факт, который объясняется уменьшением энтропии в упорядоченных системах [25].

В качестве научной гипотезы предполагается, что характер асимметрии по пространственным координатам у эмбрионов мужского и женского пола куриных яиц различный. Уверенность в подтверждении выдвигаемой гипотезы дают предварительные результаты прогнозирования пола куриных яиц по распределенным параметрам индекса формы в двух пространственных координатах [26]. В данном исследовании все яйца устанавливали в одно и то же пространственное положение. Распределенные параметры индекса формы яйца определяли на контрастном бело-черном изображении яйца. Фон яйца преобразовывается в черный цвет. Все преобразования проводили с использованием стандартной библиотеки обработки изображений MATLAB⁵. Значения распределений индекса формы для каждого яйца из выбранной партии передавали в базу данных в виде пикселей. Результаты получали с помощью интеллектуального анализа данных с помощью алгоритма машинного обучения «RandomFofest».

Исследованию подвергли партию из 262 куриных яиц. После инкубации выведено 116 самок и 106 самцов, 40 яиц были бракованными. Как утверждают авторы исследований, достоверность прогноза мужского и женского пола цыплят составила 93 и 100% соответственно.

Методы компьютерного зрения для прогнозирования пола цыплят применяют и в период инкубации. Например, в работе [27] при использовании источников света типа LED в установке компьютерного зрения получены изображения двух партий куриных

⁵ImageProcessingToolbox-The MathWorks-PDF Catalogs pdf.directindustry.com <https://www.mathworks.com/help/images/functionlist.html?requestedDomain=www.mathworks.com#btvphx9-1>

яиц соответственно на 3–6-й, 8-й и 10-й день инкубации.

На рис. 4 на полученных изображениях в начальный период инкубации достаточно четко видны кровеносные сосуды. На изображениях выделены 11 областей признаков, характеризующих половой диморфизм эмбрионов. После обработки этих параметров признаков, отображающих особенности текстуры кровеносных сосудов, изображающих эмбрион цыпленка, разработан генетический алгоритм для оптимизации начальных весов и порогов обратного распространения нейронных сетей с различными скрытыми слоями.

Машинное обучение осуществлялось на основе алгоритма нейронной сети с обратным распространением (BPNN).

Авторы утверждают, что технология машинного зрения обеспечивает реальный метод определения пола куриных яиц на 4-й день инкубации с достоверностью прогноза 89,74%.

На достоверность определения пола инкубационных яиц оказывают различия в их форме, изменение температуры и влажности внешней среды, наличие пятен кальция на скорлупе и др.

Имеются исследования по оценке жизнеспособности эмбрионов яиц птиц путем измерения частоты сердечных сокращений [28–30]. Например, в работе [30] описан метод оценки активности куриных эмбрионов

с помощью просвечивания яйца в ближнем инфракрасном диапазоне (длина волны излучения 870 нм), получения сигнала сердечного ритма эмбриона и дальнейшей его обработки. Частота сердечных сокращений в течение инкубационного периода варьировалась от 3,8 до 4,8 Гц. Причем, во время инкубации сначала происходило увеличение сердечных сокращений, на 15-й день – снижение.

Учитывая, что сердечная деятельность у эмбриона обнаружена на 2-й день инкубации [28], возможна разработка нового метода ранней оценки полового диморфизма в инкубированном яйце, основанного на гипотезе различия частоты сердечных сокращений у эмбрионов петушков и куриц. Такой метод оценки полового диморфизма в анализируемых источниках не обнаружен. Факт различия в сердечной деятельности двух полов эмбрионов можно опровергнуть или доказать, лишь применяя современные методы и средства компьютерного зрения.

В соответствии со структурной схемой (см. рис. 3) была создана установка технического зрения, предназначенная для проведения исследований по выбору и обоснованию относительного дешевого метода определения полового диморфизма эмбрионов в яйце курицы как до их инкубации, так и в первые дни инкубационного периода.

Для получения изображений в установке технического зрения использован цифровой фотоаппарат Canon EOS 2000D EF-S 18-55 III Kit с современной CMOS-матрицей (22,3 × 14,9 мм) и мощным процессором. Максимальное разрешение матрицы 6000 × 4000 пикселей, глубина цвета 42 бит/пиксель. Диапазон светочувствительности матрицы лежит от 100 до 6400 ISO, кроп-фактор равен 1,6. Экспозиция автоматическая с приоритетом как диафрагмы, так и выдержки. Видоискатель зеркальный (TTL) с полем зрения 95%. Скорость быстрой съемки составляет три кадра в секунду.

Совместная работа всех компонентов фотоаппарата позволит получать четкие снимки с минимальным уровнем шумов и яркими насыщенными цветами.

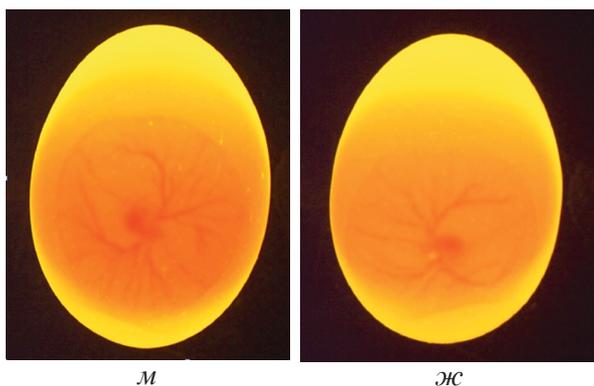


Рис. 4. Изображение зародыша куриного яйца на 4-й день инкубации:

м – петушок; *ж* – курочка

Fig. 4. Image of a chicken egg embryo on the 4th day of incubation:

м - cockerel; *ж* – female chicken

Цифровой аппарат крепится с помощью резьбового соединения на съемной головке телескопического штатива Raylab Travel. Положение штативной головки регулируется в трех пространственных плоскостях. Штатив выполнен в виде трех секций – опор с регулируемыми подвижными ножками и выдвинутой центральной стойкой. Такая конструкция позволяет сделать процесс получения изображений более простым и продуктивным. Выдвижная центральная стойка гарантирует процесс проведения съемки с нужного ракурса. Регулируемая рабочая высота камеры находится в диапазоне от 0,56 до 1,6 м до пола. Камера установлена на штативе, на котором закреплен предметный столик с объектом исследований.

Цифровой аппарат сопряжен с ноутбуком модели ASUS VivoBook 17 K712EA-VX467W, работающим с операционной системой Windows 11 Home Single Language. Характеристики его экрана: диагональ 17,3"; разрешение 1600 × 900 пикселей; яркость 200 Кд/м².

Ноутбук оснащен процессором Intel Pentium Gold 7505 с 8 ГБ оперативной памяти. Он обеспечивает мощную производительность и широкие углы обзора.

При определении геометрических параметров и асимметрии формы инкубированного яйца предусмотрен комплект света для ноутбука Raylab RL-LED10 Kit 3200-6500K и прожекторы ИЕК ИО с галогенными источниками света. Комплект света позволяет плавно изменять мощность от 1 до 100%, а также и цветовую температуру в диапазоне 3200–6500 К. Он снабжен поворотным кронштейном, который помогает создать необходимое освещение и устранить тени на объекте исследования или подсветить его.

При определении полового диморфизма в первые дни инкубации в качестве осветителя используется светодиодная лампа Falcon Eyes ML-09 RGB с инфракрасным пультом управления. Мощность лампы составляет 9 Вт. Учитывая, что стандартное куриное яйцо массой 58 г имеет поперечный и продольный диаметр 42 и 57 мм соответственно, матовая колба лампы с диаметром 60 мм

подсвечивает яйцо равномерным белым светом максимальной яркости. В режиме RGB кроме основных цветов имеется 12 пресетов различных цветовых оттенков, которые устанавливаются с помощью пульта управления.

Светодиодная лампа помещена в светонепроницаемый цилиндрический алюминиевый корпус, который крепится в геометрическом центре на внутренней стороне столешницы предметного столика. В столешнице заранее сделано круглое отверстие диаметром 80 мм, в которое входит колба светодиодной лампы. На внешнюю сторону столешницы с заранее изготовленным круглым отверстием устанавливается сменная тонкая черная пластинка с вырезанным овалом-эллипсом. Таким образом, при включении светодиодной лампы в темной комнате осуществляется контрастная подсветка инкубируемого яйца в течение всего периода его инкубации.

Объект исследований (яйцо) устанавливается в этот овал, который ограничивает перемещение яйца по плоскости пластины, а также дает возможность фиксации яйца при его поворотах вдоль продольной оси от 0 до 360°.

С помощью данной установки планируется серия экспериментальных исследований по выявлению наименее затратного неинвазивного метода оценки полового диморфизма в яйце.

Следует заметить, что в данной статье рассмотрены не все возможные методы оценки пола у эмбрионов птиц, такие как методы гиперспектральной визуализации [31], импедансной спектроскопии [32] и др. Причиной этого явилась недостаточность сведений в анализируемых источниках об эффективности практической реализации данных методов в развитых странах мира.

ВЫВОДЫ

1. Существующие методы определения диморфизма в яйце птицы инвазивны и, как правило, осуществляются после процесса их инкубации при достижении возраста цыплят не менее суток.

2. Отсутствие неразрушающих методов и средств определения полового диморфиз-

ма эмбрионов в яйце птицы поднимает серьезную этическую проблему, связанную с уничтожением живых птенцов мацерацией или удушением углекислым газом, и приводит к значительным экономическим потерям в отрасли птицеводства.

3. Использование зарубежной технологии компании In Ovo, при которой выжигается лазером микроотверстие в яичной скорлупе, а пол будущего цыпленка определяется с помощью масс-спектрометра Sciex Echo®, невозможно из-за высокой ее стоимости, несмотря на создание по этой технологии высокопроизводительных роботизированных комплексов, способных сортировать эмбрионы по полу на 9-й день его развития.

4. Проведен анализ основных перспективных методов оценки пола эмбрионов в яйце курицы до инкубации и в инкубационный период, основанных на применении методов технического зрения, с использованием машинного обучения.

5. Изготовлена и описана экспериментальная установка технического зрения, предназначенная для проведения дальнейших исследований с целью научного обоснования и создания малозатратного неинвазивного метода оценки полового диморфизма эмбрионов в яйце курицы.

6. Применение экспериментальной установки при исследованиях позволит получить достоверные результаты по оценке эффективности метода определения полового диморфизма по пространственной асимметрии яиц куриц до инкубации. Кроме того, будут установлены минимальные дни инкубационного периода для прогнозирования пола эмбрионов по их структурным изменениям, а также определена вероятность такого прогноза по частоте сердечных сокращений развивающегося в эмбрионе яйца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Burke W.H., Sharp P.J.* Sex differences in body weight of chicken embryos // *Poultry Science*. 1989. Vol. 68. P. 805–810.
2. *Burke W.H.* Sex differences in incubation length and hatching weights of broiler chicks // *Poultry Science*. 1992. Vol. 71. P. 1933–1938.
3. *Galli R., Preusse G., Uckermann O., Bartels T., Krautwald-Junghanns M.-E., Koch E., Steiner G.* In Ovo Sexing of Domestic Chicken Eggs by Raman Spectroscopy // *Analytical Chemistry*. 2016. Vol. 88. P. 8657–8663. DOI: 10.1021/acs.analchem.6b01868.
4. *Alin K., Fujitani S., Kashimori A., Suzuki T., Ogawa Y., Kondo N.* Non-invasive broiler chick embryo sexing based on opacity value of incubated eggs // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 158. P. 30–35. DOI: 10.1016/j.compag.2019.01.029.
5. *Galli R., Preusse G., Uckermann O., Bartels T., Krautwald-Junghanns M.-E., Koch E., Steiner G.* In ovo sexing of chicken eggs by fluorescence spectroscopy // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2017. Vol. 409. Is. 5. P. 1185–1194. DOI: 10.1007/s00216-016-0116-6.
6. *Weissmann A., Reitemeier S., Hahn A., Gottschalk J., Einspanier A.* Pre-hatch sexing of domestic hens: a new method for in ovo sex identification // *Theriogenology*. 2013. Vol. 80. Is. 3. P. 199–205. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2013.04.014.
7. *Tran H.T., Ferrell W., Butt T.R.* Estrogen sensor for sex sorting of poultry // *Journal of Animal Science*. 2010. Vol. 88. Is. 4. P. 1358–1364.
8. *Galli R., Preusse G., Uckermann O., Bartels T., Krautwald-Junghanns M.-E., Koch E., Steiner G.* In-ovo sexing of chicken eggs by fluorescence spectroscopy // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2017. Vol. 409. P. 1185–1194.
9. *Galli R., Koch E., Preusse G., Schnabel C., Bartels T., Krautwald-Junghanns M.-E., Steiner G.* Contactless in ovo sex determination of chicken eggs // *Annual Review of Biomedical Engineering*. 2017. Vol. 3. P. 131–134.
10. *Harz M., Krause M., Bartels T., Cramer K., Rosch P., Popp J.* Minimal invasive gender determination of birds by means of UV-resonance Raman spectroscopy // *Analytical Chemistry*. 2008. Vol. 80. P. 1080–1086.
11. *Galli R., Preusse G., Uckermann O., Bartels T., Krautwald-Junghanns M.-E., Koch E., Steiner G.* In ovo sexing of domestic chicken by Raman spectroscopy // *Analytical Chemistry*. 2016. Vol. 88. P. 8657–8663.
12. *Galli R., Preusse G., Schnabel C., Bartels T., Cramer K., Krautwald-Junghanns M.-E., Koch E., Steiner G.* Sexing of chicken eggs by fluorescence and Raman spectroscopy through the shell membrane // *PLoS ONE*. 2018. Vol. 13. Is. 2. DOI: 10.1371/journal.pone.0192554.
13. *Rosenbruch M.* Early stages of the incubated chicken egg as a model in experimental biology

- and medicine // Alternatives to Animal Experimentation. 1994. Vol. 11. Is. 4. P. 199–206.
14. Rosenbruch M. The sensitivity of chicken embryos in incubated eggs // Alternatives to Animal Experimentation 1997. Vol. 14. Is. 3. P. 111–113.
 15. Narushin V.G. Egg geometry calculation using the measurements of length and breadth // Poultry Science. 2005. Vol. 84. P. 482–484.
 16. Nishiyama Y. The mathematics of egg shape // International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2012. Vol. 78. P. 679–689.
 17. Troscianko J. A simple tool for calculating egg shape, volume and surface area from digital images // Ibis. 2014. Vol. 156. P. 874–878.
 18. Mytiai I.S., Matsyura A.V. Geometrical standards in shapes of avian eggs // Ukrainian Journal of Ecology. 2017. Vol. 7. P. 264–282.
 19. Biggins J.D., Thompson J.E., Birkhead T.R. Accurately quantifying the shape of birds' eggs // Ecology and Evolution. 2018. Vol. 8. P. 9728–9738.
 20. Narushin V.G., Lu G., Cugley J., Romanov M.N., Griffin D.K. A 2-D imaging-assisted geometrical transformation method for non-destructive evaluation of the volume and surface area of avian eggs // Food Control. 2020. Vol. 112. P. 107–112. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107112.
 21. Narushin V.G., Romanov M. N., Griffin D.K. Egg and math: introducing a universal formula for egg shape // Annals of the New York Academy of Sciences. 2021. Vol. 1505. Is. 1. P. 169–177. DOI: 10.1111/nyas.14680.
 22. Okinda C., Lu M., Liu L., Nyalala I., Muneri C., Wang J., Zhang H., Shen M. A review on computer vision systems in monitoring of poultry: A welfare perspective // Artificial Intelligence in Agriculture. 2020. Vol. 4. P. 184–208. DOI: 10.1016/j.aiaa.2020.09.002.
 23. Fujiyoshi H., Hirakawa T., Yamashita T. Deep learning-based image recognition for autonomous driving // International Association of Traffic and Safety Sciences Research. 2019. Vol. 43. P. 244–252. DOI: 10.1016/j.iatssr.2019.11.008.
 24. Rutkowska J., Dubiec A., Nakagawa S. All eggs are made equal: meta-analysis of egg sexual size dimorphism in birds // Journal of Evolutionary Biology. 2013. Vol. 27. Is. 1. P. 153–160. DOI: 10.1111/jeb.12282.
 25. Rosandić M., Vlahović I., Paara V. Novel look at DNA and life-Symmetry as evolutionary forcing // Journal of Theoretical Biology. 2019. Vol. 483: 109985. DOI: 10.1016/j.jtbi.2019.08.016.
 26. Toksoz C., Albayrak M., Yasar H. Chicken egg sexing by using data mining process // Fresenius Environmental Bulletin. 2021. Vol. 30. Is. 2. P. 1373–1381.
 27. Zhu Z.H., Ye Z.F., Tan Y. Non-destructive identification for gender of chicken eggs based on GA-BPNN with double hidden layers // Journal of Applied Poultry Research. 2021. Vol. 30. Is. 4:100203. DOI: 10.1016/j.japr.100203.
 28. Akiyama R., Matsuhisa A., Pearson J. T., Tazawa H. Long-term measurement of heart rate in chicken eggs // Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology. 1999. Vol. 124. Is. 4. P. 483–490. DOI: 10.1016/s1095-6433(99)00141-5.
 29. Youssef A., Viazzi S., Exadaktylos V., Berckmans D. Non-contact, motion-tolerant measurements of chicken (*Gallus gallus*) embryo heart rate (HR) using video imaging and signal processing // Biosystems Engineering, 2014. Vol. 125. P. 9–16. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2014.06.014.
 30. Khaliduzzaman A., Fujitani S., Kondo N., Ogawa Y., Fujiura T., Suzuki T., Kashimori A., Syduzzaman M., Rahman A. Non-invasive characterization of chick embryo body and cardiac movements using near infrared light // Eng. Agric. Environ. Food. 2018. Vol. 12. P. 32–39. DOI: 10.1016/J.EAEF.2018.09.002.
 31. Pan L., Zhang W., Yu M., Sun Y., Gu X., Ma L., Li Z., Hu P., Tu K. Gender determination of early chicken hatching eggs embryos by hyperspectral imaging // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2016. Vol. 3. Is. 1. P. 181–186. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.01.025
 32. Алейников А.Ф. Автоматизация качества инкубационного яйца птицы – важнейший элемент точного птицеводства // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 55 (3). С. 5–8. DOI: 10.18411/lj-10-2019-37.

REFERENCES

1. Burke W.H., Sharp P.J. Sex differences in body weight of chicken embryos. *Poultry Science*, 1989, vol. 68, pp. 805–810.
2. Burke W.H. Sex differences in incubation length and hatching weights of broiler chicks. *Poultry Science*, 1992, vol. 71, pp. 1933–1938.
3. Galli R., Preusse G., Uckermann O., Bartels T., Krautwald-Junghanns M.-E., Koch E., Stein-

- er G. In Ovo Sexing of Domestic Chicken Eggs by Raman Spectroscopy. *Analytical Chemistry*, 2016, vol. 88, pp. 8657–8663. DOI: 10.1021/acs.analchem.6b01868.
4. Alin K., Fujitani S., Kashimori A., Suzuki T., Ogawa Y., Kondo N. Non-invasive broiler chick embryo sexing based on opacity value of incubated eggs. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2019, vol. 158, pp. 30–35. DOI: 10.1016/j.compag.2019.01.029.
 5. Galli R., Preusse G., Uckermann O., Bartels T., Krautwald-Junghanns M.-E., Koch E., Steiner G. In ovo sexing of chicken eggs by fluorescence spectroscopy. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2017, vol. 409 (5), pp. 1185–1194. DOI: 10.1007/s00216-016-0116-6.
 6. Weissmann A., Reitemeier S., Hahn A., Gottschalk J., Einspanier A. Pre-hatch sexing of domestic hens: a new method for in ovo sex identification. *Theriogenology*, 2013, vol. 80 (3), pp. 199–205. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2013.04.014.
 7. Tran H.T., Ferrell W., Butt T.R. Estrogen sensor for sex sorting of poultry. *Journal of Animal Science*, 2010, vol. 88 (4), pp. 1358–1364.
 8. Galli R., Preusse G., Uckermann O., Bartels T., Krautwald-Junghanns M.-E., Koch E., Steiner G. In-ovo sexing of chicken eggs by fluorescence spectroscopy. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2017, vol. 409, pp. 1185–1194.
 9. Galli R., Koch E., Preusse G., Schnabel C., Bartels T., Krautwald-Junghanns M.-E., Steiner G. Contactless in ovo sex determination of chicken eggs. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 2017, vol. 3, pp. 131–134.
 10. Harz M., Krause M., Bartels T., Cramer K., Rosch P., Popp J. Minimal invasive gender determination of birds by means of UV-resonance Raman spectroscopy. *Analytical Chemistry*, 2008, vol. 80, pp. 1080–1086.
 11. Galli R., Preusse G., Uckermann O., Bartels T., Krautwald-Junghanns M.-E., Koch E., Steiner G. In ovo sexing of domestic chicken by Raman spectroscopy. *Analytical Chemistry*, 2016, vol. 88, pp. 8657–8663.
 12. Galli R., Preusse G., Schnabel C., Bartels T., Cramer K., Krautwald-Junghanns M.-E., Koch E., Steiner G. Sexing of chicken eggs by fluorescence and Raman spectroscopy through the shell membrane. *PLoS ONE*, 2018, vol. 13 (2). DOI: 10.1371/journal.pone.0192554.
 13. Rosenbruch M. Early stages of the incubated chicken egg as a model in experimental biology and medicine. *Alternatives to Animal Experimentation*, 1994, vol. 11 (4), pp. 199–206.
 14. Rosenbruch M. The sensitivity of chicken embryos in incubated eggs. *Alternatives to Animal Experimentation*, 1997, vol. 14 (3), pp. 111–113.
 15. Narushin V.G. Egg geometry calculation using the measurements of length and breadth. *Poultry Science*, 2005, vol. 84, pp. 482–484.
 16. Nishiyama Y. The mathematics of egg shape. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 2012, vol. 78, pp. 679–689.
 17. Troscianko J. A simple tool for calculating egg shape, volume and surface area from digital images. *Ibis*, 2014, vol. 156, pp. 874–878.
 18. Mytai I.S., Matsyura A.V. Geometrical standards in shapes of avian eggs. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2017, vol. 7, pp. 264–282.
 19. Biggins J.D., Thompson J.E., Birkhead T.R. Accurately quantifying the shape of birds' eggs. *Ecology and Evolution*, 2018, vol. 8, pp. 9728–9738.
 20. Narushin V.G., Lu G., Cugley J., Romanov M.N., Griffin D.K. A 2-D imaging-assisted geometrical transformation method for non-destructive evaluation of the volume and surface area of avian eggs. *Food Control*, 2020, vol. 112, pp. 107–112. DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107112.
 21. Narushin V.G., Romanov M.N., Griffin D.K. Egg and math: introducing a universal formula for egg shape. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2021, vol. 1505 (1), pp. 169–177. DOI: 10.1111/nyas.14680.
 22. Okinda C., Lu M., Liu L., Nyalala I., Muneri C., Wang J., Zhang H., Shen M. A review on computer vision systems in monitoring of poultry: A welfare perspective. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2020, vol. 4, pp. 184–208. DOI: 10.1016/j.aiaa.2020.09.002.
 23. Fujiyoshi H., Hirakawa T., Yamashita T. Deep learning-based image recognition for autonomous driving. *International Association of Traffic and Safety Sciences Research*, 2019, vol. 43, pp. 244–252. DOI: 10.1016/j.iatssr.2019.11.008.
 24. Rutkowska J., Dubiec A., Nakagawa S. All eggs are made equal: meta-analysis of egg sexual size dimorphism in birds. *Journal of Evolutionary Biology*, 2013, vol. 27 (1), pp. 153–160. DOI: 10.1111/jeb.12282.
 25. Rosandić M., Vlahović I., Paara V. Novel look at DNA and life – Symmetry as evolu-

- tionary forcing. *Journal of Theoretical Biology*, 2019, vol. 483: 109985. DOI: 10.1016/j.jtbi.2019.08.016.
26. Toksoz C., Albayrak M., Yasar H. Chicken egg sexing by using data mining process. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2021, vol. 30 (2), pp. 1373–1381.
27. Zhu Z.H., Ye Z.F., Tan Y. Non-destructive identification for gender of chicken eggs based on GA-BPNN with double hidden layers. *Journal of Applied Poultry Research*, 2021, vol. 30 (4): 100203. DOI: 10.1016/j.japr.100203.
28. Akiyama R., Matsuhisa A., Pearson J. T., Tazawa H. Long-term measurement of heart rate in chicken eggs. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 1999, vol. 124 (4), pp. 483–490. DOI: 10.1016/s1095-6433(99)00141-5.
29. Youssef A., Viazzi S., Exadaktylos V., Berckmans D. Non-contact, motion-tolerant measurements of chicken (*Gallus gallus*) embryo heart rate (HR) using video imaging and signal processing. *Biosystems Engineering*, 2014, vol. 125, pp. 9–16. DOI: 10.1016/j.biosystem-seng.2014.06.014.
30. Khaliduzzaman A., Fujitani S., Kondo N., Oga-wa Y., Fujiura T., Suzuki T., Kashimori A., Sy-duzzaman M, Rahman A. Non-invasive characterization of chick embryo body and cardiac movements using near infrared light. *Eng. Agric. Environ. Food*, 2018, vol. 12, pp. 32–39. DOI: 10.1016/J.EAEF.2018.09.002.
31. Pan L., Zhang W., Yu M., Sun Y., Gu X., Ma L., Li Z., Hu P., Tu K. Gender determination of early chicken hatching eggs embryos by hyperspectral imaging. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2016, vol. 3 (1), pp. 181–186. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.01.025.
32. Aleynikov A.F. Automation of the quality of incubatory poultry eggs is the most important element of precision poultry farming. *Trends in the development of science and education*, 2019, no. 55 (3), pp. 5–8. (In Russian). DOI: 10.18411/lj-10-2019-37.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Алейников А.Ф.**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник: **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: fti2009@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alexandr F. Aleynikov**, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: fti2009@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 06.06.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 15.07.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА

✉ Чысыма Р.Б.¹, Самбыла Ч.Н.²

¹Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов

Республика Тыва, г. Кызыл, Россия

²Тувинский научный центр

Республика Тыва, г. Кызыл, Россия

✉ e-mail: chysyma@mail.ru

Изучены проблемы и перспективы развития цифровых технологий в аграрном секторе Республики Тыва. В Тыве использование цифровых технологий остается крайне низким. По развитию процессов цифровизации регион существенно отстает как от показателей России в целом, так и Сибирского федерального округа. Вызовами, сдерживающими развитие информационного общества в Республике Тыва, являются наличие труднодоступных населенных пунктов со сложными географическими особенностями; инфраструктурные ограничения в части оформления (согласования) необходимых документов и взаимодействия с сетевыми организациями в рамках заключения договоров на технологическое присоединение к электросетям; отсутствие покрытия и неуверенный прием подвижной радиотелефонной связи в удаленных сельских населенных пунктах Республики Тыва; нехватка квалифицированных специалистов по информационно-телекоммуникационным технологиям, слабое развитие научно-инновационного потенциала; низкие навыки использования информационных технологий; импортозависимость от зарубежного программного обеспечения, технологий и оборудования; цифровое неравенство между муниципальными образованиями. Для повышения эффективности сельского хозяйства в регионе необходимо внедрение в сельскохозяйственное производство цифровых технологий: сбор данных о посевных площадях и пастбищах, составление цифровых карт земель сельскохозяйственного назначения, использование дистанционно управляемых датчиков по мониторингу за качеством посевов сельскохозяйственных культур, над передвижением сельскохозяйственного транспорта и животных и др. Применение цифровых технологий будет способствовать продвижению продукции сельхозтоваропроизводителей до потребителя, что расширит доступ к финансовым ресурсам и рынкам за счет согласованного действия всех звеньев аграрного производства. Намечены основные направления цифровизации отрасли и обозначены перспективные цифровые технологии для применения в отрасли сельского хозяйства Республики Тыва.

Ключевые слова: сельскохозяйственное производство, цифровые технологии, ГИС-технологии

PROBLEMS AND PROSPECTS OF DIGITALIZATION OF AGRICULTURE IN THE REPUBLIC OF TYVA

✉ Chysyma R.B.¹, Sambyla Ch.N.²

¹Tyvinian Institute for Exploration of Natural Resources

Kyzyl, Republic of Tyva, Russia

²Tyvan Scientific Center

Kyzyl, Republic of Tyva, Russia

✉ e-mail: chysyma@mail.ru

The problems and prospects of development of digital technologies in the agricultural sector of the Tyva Republic were studied. The use of digital technology remains extremely low in Tyva. The region significantly lags behind Russia as a whole and the Siberian Federal District in the development of digitalization processes. Challenges hindering the development of the information society in the Republic of Tyva are the presence of hard-to-reach settlements with complex geographical features; infrastructure restrictions in terms of registration (approval) of necessary documents and

interaction with network organizations in the conclusion of contracts for technological connection to the power grid; lack of coverage and uncertain reception of mobile radio telephone communications in remote rural settlements of the Tyva Republic; lack of qualified specialists in information and telecommunication technologies, poor development of scientific and innovation potential; low skills in using information technologies; import dependence on imported software, technologies and equipment; digital inequality between municipalities. To improve the efficiency of agriculture in the region, it is necessary to introduce digital technologies into agricultural production: collecting data on sown areas and pastures, making digital maps of agricultural land, using remote-controlled sensors to monitor the quality of crops, the movement of agricultural vehicles and animals, etc. The use of digital technologies will promote the products of agricultural producers to the consumer, which will expand access to financial resources and markets due to the coordinated action of all parts of agricultural production. The main directions of digitalization of the industry were outlined and promising digital technologies for application in the agricultural sector of the Tyva Republic were specified.

Keywords: agricultural production, digital technologies, GIS-technologies

Для цитирования: Чысыма Р.Б., Самбыла Ч.Н. Проблемы и перспективы цифровизации сельского хозяйства в Республике Тыва // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 117–123. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-14>

For citation: Chysyma R. B., Sambyla Ch.N. Problems and prospects of digitalization of agriculture in the Republic of Tyva. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 117–123. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-14>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из важнейших факторов стратегического развития сельскохозяйственного производства является внедрение цифровых технологий в сельскохозяйственное производство. Цифровая трансформация сельского хозяйства и планируемый технологический прорыв – ключевой фактор развития и один из главных трендов аграрной отрасли на ближайшие годы [1].

Информационно-цифровые технологии в сельском хозяйстве, способствуют формированию устойчивого развития не только агропромышленного комплекса, но и развитию сельских территорий. Благодаря данным технологиям появилась возможность получать данные о каждом сельскохозяйственном объекте и его окружении, математически точно рассчитывать алгоритм действий и предсказывать результат¹.

Цифровизация затронула не только сектор IT-технологий, ритейл, финансовые ор-

ганизации и социальные сети, где ее уровень достигает 70–80%, но и отрасли реального сектора экономики [2]. Не стало исключением и сельское хозяйство, поскольку организация высокорентабельного производства уже объективно предполагает ее дигитализацию².

Правительство Российской Федерации признает необходимость цифровизации отраслей АПК, направленной на рост производства сельскохозяйственной продукции и повышение доходности отрасли. Принимаемые государством программы в качестве своей задачи видят консолидацию усилий науки, федеральных и региональных органов исполнительной власти и бизнеса для развития отечественных технологий, способствующих снижению уровня импортозависимости и обеспечению устойчивого развития агропромышленного комплекса страны [3].

¹Шпедт А.А., Злотникова В.В. Применение информационно-цифровых технологий в АПК Красноярского края // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы 7-й Междунар. науч.-практ. конф. "Агроинфо-2018". Краснообск, 2021. С. 22–25.

²Смышляев А.А., Медведева Ж.В. Цифровизация животноводства в Алтайском крае // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК: сб. тр. конф. Барнаул, 2021. С. 260–266.

Правительством разработан ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»³, где предусмотрена реализация ряда важнейших направлений совершенствования сельского хозяйства через проведение информационных технологий в различных субъектах Российской Федерации.

Цель исследования – изучить проблемы и перспективы цифровизации в аграрном секторе экономики Республики Тыва.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследовании использованы сведения Министерства цифрового развития Республики Тыва о ходе реализации государственной программы «Развитие цифрового общества в Республике Тыва на 2014–2020 гг.», информация отдела организационного, документационного и информационного обеспечения Министерства сельского хозяйства Республики Тыва по состоянию на 01.07.2022, сведения Красноярскстата, а также данные собственных исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Республика Тыва входит в состав Сибирского федерального округа. Одним из главных секторов экономики региона является сельское хозяйство. Здесь проживают 327,38 тыс. чел., из них 149,6 тыс. (45,7%) в сельской местности⁴. В связи с этим состояние данной отрасли во многом предопределяет экономическую и социальную обстановку региона в целом.

Основное направление сельскохозяйственного производства – животноводство, на долю которого приходится 83,32% произведенной сельскохозяйственной продукции. Республика Тыва располагает большими массивами природных пастбищ, что позволяет развивать отгонно-пастбищное животноводство. Большое значение имеет овцеводство, мясное табунное коневодство, скотоводство и яководство.

Регион находится в зоне рискованного земледелия. Здесь растениеводство ведется

на грани возможного земледелия, что затрудняет ведение данной отрасли. При наличии 2653 тыс. га сельскохозяйственных угодий в Тыве только 135,5 тыс. га приходится на пашню, при этом в настоящее время значительная ее часть не возделывается. Средняя урожайность зерновых культур за последние 5 лет составляет около 13,1 ц/га (см. сноску 4).

Существует также ряд проблем, мешающих развитию животноводства. Несмотря на положительную динамику роста поголовья, отмечается низкая продуктивность животных и, как следствие, спад производства продукции животноводства.

Одним из ключевых факторов повышения эффективности сельского хозяйства может стать внедрение в сельскохозяйственное производство республики цифровых технологий, что позволит повысить эффективность сельскохозяйственного производства за счет согласованного действия всех звеньев аграрного производства. К ним относятся внедрение элементов цифровой инвентаризации посевных площадей и пастбищ, составление цифровых карт земель сельскохозяйственного назначения и др. На перспективу возможно использование дистанционно управляемых датчиков по мониторингу за качеством посевов сельскохозяйственных культур, над передвижением сельскохозяйственного транспорта и животных. Кроме того, сельхозтоваропроизводители с внедрением цифровых технологий получают возможность прослеживать продвижение своей продукции до потребителя, что расширит доступ к финансовым ресурсам и рынкам.

В Республике Тыва использование цифровых технологий остается крайне низким. По развитию процессов цифровизации регион существенно отстает как от показателей России в целом, так и Сибирского федерального округа.

Согласно рейтингу регионов по развитию информационного общества в Российской Федерации, Тыва занимает 78-е место. По

³Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: Официальное издание. М.: Росинформагротех, 2019. 48 с.

⁴Красноярскстат. URL: <https://krasstat.gks.ru/folder/95045>.

итогах обследования, количество домашних хозяйств, имеющих персональные компьютеры, составило 58,1%, в том числе в городской местности – 66%, в сельской – 47,4%⁵.

В октябре 2013 г Постановлением Правительства Республики Тыва утверждена государственная программа «Развитие информационного общества и средств массовой информации в Республике Тыва на 2014–2020 годы» (см. сноску 5).

Основными целями государственной политики в сфере информационно-телекоммуникационных технологий в Республике Тыва являются⁶:

- повышение благосостояния и качества жизни граждан путем повышения доступности и качества товаров и услуг, произведенных в цифровой экономике с использованием современных цифровых технологий, повышения степени информированности и цифровой грамотности, качества предоставления государственных и муниципальных услуг;

- модернизация и развитие инфраструктуры печатных и электронных средств массовой информации, книгоиздательской и полиграфической деятельности Республики Тыва для обеспечения конституционных прав граждан на доступ к информации;

- внедрение цифровых технологий в экономику, в том числе в сфере туризма, градостроительства и ЖКХ, сельского хозяйства.

Вызовами, сдерживающими развитие информационного общества в Республике Тыва, по мнению разработчиков программы, являются:

- наличие труднодоступных населенных пунктов со сложными географическими особенностями;

- инфраструктурные ограничения в части оформления (согласования) необходимых документов и взаимодействия с сетевыми организациями в рамках заключения договоров на технологическое присоединение к электросетям;

- отсутствие покрытия и неуверенный прием подвижной радиотелефонной связи

в удаленных сельских населенных пунктах Республики Тыва;

- нехватка квалифицированных специалистов по информационно-телекоммуникационным технологиям (ИКТ), слабое развитие научно-инновационного потенциала;

- низкие навыки использования информационных технологий;

- импортозависимость от зарубежного программного обеспечения, технологий и оборудования;

- цифровое неравенство между муниципальными образованиями.

Реализация программы по развитию информационного общества и средств массовой информации в Тыве в 2014–2020 гг., на наш взгляд, не оказала существенного влияния на уровень развития цифровых технологий непосредственно в агропромышленном комплексе республики. Однако в регионе наблюдается тенденция улучшения информационной и цифровой инфраструктуры по предоставлению органами власти республики государственных услуг в электронном виде, что способствовало повышению информированности и цифровой грамотности местного населения.

В связи с этим государственным органам республики необходимо уделить внимание разработке отдельной региональной программы по развитию цифровой экономики в области сельского хозяйства, предусматривающей меры поддержки субъектов, занятых в сельскохозяйственном производстве по внедрению информационных систем, закупке серверного оборудования, повышения уровня квалификации и др.

Одним из наиболее перспективных направлений в цифровизации сельского хозяйства в Тыве на первое время может стать использование информационных систем на базе геоинформационных технологий. Внедрение такой системы в сельском хозяйстве послужит первым шагом на пути создания региональной ГИС, что позволит повысить эффективность сельскохозяйственного производства в регионе.

⁵Программа «Развитие информационного общества в Республике Тыва на 2014–2020 гг.»: URL: <https://docs.cntd.ru/document/460195149/titles/133MPTQ>.

⁶Постановление Правительства РТ от 27.10.2017 № 482.

В области растениеводства ГИС-технологии позволили бы централизованно вести реестр посевных площадей сельскохозяйственных культур, провести мониторинг агротехнических операций, оцифровку посевов, вести прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур и др.

В животноводстве посредством ГИС-технологий можно подбирать рационы кормления животных, вести мониторинг кормления и содержания животных, а также контролировать качество продукции сельского хозяйства.

В Республике Тыва, где животноводство является исконным занятием населения региона, для ведения мясного табунного коневодства можно рекомендовать программный продукт «Помощник коневода», информационно-поисковые системы «ИПС Кони», «ИПС Кони 2», «ИПС Кони 3»⁷.

В реестре комплексных программ Российской Федерации появилась программа «Коралл» и его программные продукты: «Коралл – Ферма КРС», «Коралл – Кормление», «Коралл – Кормовая база» и другие, направленные на оптимизацию вопросов кормления, содержания и создания ветеринарного благополучия животных с использованием информационных технологий⁸.

В настоящее время в нашей стране имеются примеры успешного использования ГИС-технологий и в области ветеринарии, что позволяет проводить эпизоотологический мониторинг, прогнозировать и контролировать эпизоотический процесс на конкретной территории путем оперативного воздействия на него через ГИС-технологии [4–6].

Учеными Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока и Сибирского физико-технического института аграрных проблем СФНЦА РАН для анализа эпизоотической ситуации по лейкозу создана компьютерная система «Лейкоз» с использованием ГИС-технологий.

Разработанная система предназначена для накопления, систематизации и последующего анализа эпизоотической и фоновой информации с целью определения закономерностей развития эпизоотического процесса, на основе которых будут выработаны управленческие решения по локализации и ликвидации лейкоза крупного рогатого скота с наименьшими экономическими и временными потерями [7].

Например, использование системы MapInfo позволяет сформировать электронные картографические базы данных для создания систем прогнозирования, распространения и циркуляции гельминтоинвазий сельскохозяйственных животных [8, 9].

Актуальным также является внедрение информационных технологий (ГИС-технологий) в прогнозировании эпизоотического процесса в приграничных территориях Тывы. По южной территории республики проходит государственная граница России с Монголией. Протяженность тувинского участка границы составляет более 1300 км, или около 38% российско-монгольской границы [10]. Успешное развитие животноводства на данной территории в значительной степени зависит от эпизоотического благополучия приграничной территории по инфекционным и инвазионным болезням животных. По данным ветеринарной службы Республики Тыва, в течение длительного времени в Монголии сохранялась напряженная эпизоотическая ситуация по инфекционным болезням животных, где в разные годы зарегистрированы случаи возникновения неблагополучных пунктов по сибирской язве, пастереллезу, бешенству, мыту лошадей, чуме крупного рогатого скота, ящуру и др.

В связи с этим внедрение цифровых информационных технологий в практической работе ветеринарных специалистов может обеспечить быстрый обмен информацией и создавать общую базу данных для эффектив-

⁷ Помощник коневода. URL: <http://horsemate.narod.ru/index/0-2>.

⁸ Лукьянов Б.В., Лукьянов П.Б. Руководство пользователя по компьютерным программам КОРАЛЛ. URL: <https://www.korall-agro.ru/KORALL.pdf>.

ного проведения противозпизоотических мероприятий в приграничных территориях.

На приграничных с Монголией территориях Республики Тыва, пограничной службе приходится часто пресекать проникновение скота на «чужую» территорию, что может привести к возникновению конфликтных ситуаций, связанных с выпасом животных. Здесь примером успешного внедрения информационных технологий могла бы стать процедура вживления микрочипов под кожу животных. Микрочип позволяет отслеживать движение животного и провести их идентификацию за считанные часы, что исключает кражу и подмену животного.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время эффективное развитие сельского хозяйства невозможно без формирования и внедрения элементов современных цифровых технологий в сельскохозяйственное производство. Для их развития в регионе необходима государственная поддержка сельскохозяйственных товаропроизводителей независимо от форм собственности, а также приток инвестиций в сельское хозяйство за счет средств самих сельхозтоваропроизводителей и других субъектов аграрного бизнеса через инвестиционные фонды. Создание цифровой экономики в Тыве может обеспечить устойчивое развитие отрасли сельского хозяйства и повысить его конкурентное преимущество.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бросгунова Н.П. Цифровизация аграрного производства как важный инструмент эффективного управления основными бизнес-процессами // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (65). С. 157–160.
2. Ахметов В.Я., Галикеев Р.Н. Перспективы социально-экономического развития сельских территорий в условиях цифровизации экономики // Вестник Евразийской науки. 2019. Т. 11. № 6. DOI: 10.15862/03ECVN619.
3. Миронова О.А. Цифровизация экономики АПК России: задачи, проблемы, перспективы // Economics. Law. State. 2019. № 5. С. 41–47.

4. Просвирнин Г.С., Кузьмин В.А., Хахаев И.А. Использование программного продукта для эпизоотологического мониторинга лейкоза крупного рогатого скота и создания цифрового макета карты // Международный вестник ветеринарии. 2019. № 2. С. 28–33.
5. Водяницкая С.Ю., Судбина Л.В., Логвин Ф.В., Водопьянов А.С., Киреев Ю.Г., Баташев В.В. ГИС-технологии в совершенствовании эпизоотологического надзора за сибирской язвой в Ростовской области // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2016. Т. 21. № 3. С. 152–156.
6. Белименко В.В., Гулюкин А.М., Махмадишоева З.А. Оптимизация информационных потоков и цифровизация системы государственного эпизоотологического мониторинга // Ветеринария и кормление. 2018. № 7. С. 19–22.
7. Потанин В.Г., Алейников А.Ф., Гулюкин М.И., Храмов В.В., Амброков М.А. Анализ эпизоотической ситуации по лейкозу крупного рогатого скота с использованием системы мониторинга // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 11. С. 64–66.
8. Романов В.В., Мишонкова А.Н. Нозогеографическое картографирование паразитозов с использованием геоинформационной системы Map-info // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 1-1. С. 109–113.
9. Романов В.В., Мишонкова А.Н. Система Mapinfo в геоинформационном прогнозировании и картографировании зон распространения стронгилоидоза в Средневолжском регионе // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2010. № 1 (11). С. 75–81.
10. Чысыма Р.Б. Развитие научно-производственных связей по ведению сельского хозяйства в приграничных территориях Монголии и Республики Тыва // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2013. № 4. С. 91–95.

REFERENCES

1. Brosgunova N.P. Digitalization of agricultural production as an important tool for effective management of the main business processes. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 2021, no. 2 (65), pp. 157–160. (In Russian).

2. Akhmetov V.Ya., Galikeev R.N. Prospects for the socio-economic development of rural areas in the context of digitalization of the economy. *Vestnik Evraziiskoi nauki = The Eurasian Scientific Journal*, 2019, vol. 11, no. 6. (In Russian). DOI: 10.15862/03ECVN619.
3. Mironova O.A. Digitalization of the Economy of the Agroindustrial Complex of Russia: Tasks, Problems, Prospects. *Economics. Law. State*, 2019, № 5., pp. 41–47.
4. Prosvirnin G.S., Kuz'min V.A., Khakhaev I.A. Using software for epizootological monitoring of cattle leucemia and creating a digital map layout. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii = International Bulletin of Veterinary Medicine*, 2019, no. 2, pp. 28–33. (In Russian).
5. Vodyanitskaya S.Yu., Sud'ina L.V., Logvin F.V., Vodop'yanov A.S., Kireev Yu.G., Batashev V.V. GIS-technologies in the advancement of epidemiological surveillance for anthrax in the Rostov region. *Epidemiologiya i infeksionnye bolezni = Epidemiology and Infectious Diseases*, 2016, vol. 21, no. 3, pp. 152–156. (In Russian).
6. Belimenko V.V., Gulyukin A.M., Makhmadshoeva Z.A. Optimization of information flows and digitalization of the state epidemiological monitoring system. *Veterinariya i kormlenie = Veterinaria i kormlenie*, 2018, no. 7, pp. 19–22. (In Russian).
7. Potanin V.G., Aleinikov A.F., Gulyukin M.I., Khramtsov V.V., Amirokov M.A. Analysis of epizootic situation on cattle leucosis with the use of a monitoring system. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2012, no. 11, pp. 64–66. (In Russian).
8. Romanov V.V., Mishonkova A.N. Nozogeographical mapping of parasitosis with using of map-info geo-information system. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk = Izvestia of RAS SamSC*, 2011, vol. 13, no. 1-1, pp. 109–113.
9. Romanov V.V., Mishonkova A.N. System Mapinfo in geoinformation forecasting and mapping of zones of distribution of *Strongyloides ransomi* in Srednevolzhsky region. *Vestnik Ulyanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2010, no. 1 (11), pp. 75–81. (In Russian).
10. Chysyma R.B. Development of research-and-production relations on conducting agriculture in the frontier territories of Mongolia and the Tyva Republic. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2013, no. 4, pp. 91–95. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Чысыма Р.Б., доктор биологических наук, главный научный сотрудник; адрес для переписки: Россия, 667007, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Интернациональная, 117 А; e-mail: chysyma@mail.ru

Самбыла Ч.Н., доктор биологических наук, директор; e-mail: choigansav@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ Rosa B. Chysyma, Doctor of Science in Biology, Head Researcher; address: 117A, Internatsionalnaya St., Kyzyl, Republic of Tyva, 667007, Russia; e-mail: chysyma@mail.ru

Choigan N. Sambyla, Doctor of Science in Biology, Director; e-mail: choigansav@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 17.06.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 22.08.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-15>
УДК: 581(571.645)

Тип статьи: оригинальная
Type of article: original

НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ДЕКОРАТИВНОЙ ОРХИДЕИ *SPIRANTHES SINENSIS* (ORCHIDACEAE) В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

Федина Л.А., ✉ Маркова Т.О., Маслов М.В.

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии
Дальневосточного отделения Российской академии наук
Владивосток, Россия
✉ e-mail: martania@mail.ru

Приведены сведения о скрученнике китайском *Spiranthes sinensis* (Pers.) Ames (Orchidaceae Lindl.) – перспективном виде для использования в цветоводстве в условиях Приморского края. В данном регионе скрученник китайский встречается практически во всех районах, однако известные современные местонахождения имеют низкую численность популяций. Это декоративное, длительно цветущее орхидное растение хорошо размножается вегетативно, переносит засуху, сильное уплотнение почвы и долговечно в травостое. Как и другие луговые виды орхидей, скрученник китайский может расти на солнечных местах и в полутени, в сочетании с сопутствующими некрупными растениями. К лимитирующим факторам относится нарушение естественных мест произрастания в результате экстремальных природных явлений и антропогенного воздействия. Описаны новые местонахождения *S. sinensis* в Приморском крае. Полевые исследования проведены в 2018–2021 гг. маршрутно-рекогносцировочным методом. Осуществлено описание местообитаний, а также морфометрических показателей скрученника китайского, проведен анализ гербарных образцов (VLA, VBGI, MW, MHA, LE) этого растения на Дальнем Востоке России. На территории Приморского края выявлены новые местообитания скрученника китайского, описаны пять ценопопуляций. Площадь участков составляла от 8 до 936 м², число цветущих особей – от 12 до 28 экз., плотность популяции достигала 5 экз./м². Высота цветущего растения может достигать 64 см. Вид не включен в Красную книгу Российской Федерации (2008 г.), а также в Красную книгу Приморского края (2008 г.), поэтому можно использовать его в регионе для применения в озеленении в качестве красиво цветущего травянистого растения.

Ключевые слова: *Spiranthes sinensis*, Orchidaceae, Приморский край, местообитание, сопутствующие виды, декоративное орхидное

NEW LOCATIONS OF THE DECORATIVE ORCHID *SPIRANTHES SINENSIS* (ORCHIDACEAE) IN THE PRIMORSKY TERRITORY

Fedina L.A., ✉ Markova T.O., Maslov M.V.

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
Vladivostok, Russia
✉ e-mail: martania@mail.ru

The information is given about the Chinese ladies'-tresses *Spiranthes sinensis* (Pers.) Ames (Orchidaceae Lindl.), which is a promising species for use in the floriculture under conditions of the Primorsky Territory. In this region, the Chinese ladies'-tresses is found in almost all areas, but the known present-day locations have low number of populations. This decorative, long-blooming orchid propagates well vegetatively, tolerates drought, severe soil compaction, and is long-lived in grasses. Like other meadow species of orchids, the Chinese ladies'-tresses can grow in sunny places and in the

penumbra, in combination with accompanying small plants. Limiting factors include disturbance of natural habitats as a result of extreme natural phenomena and anthropogenic impact. New locations of *S. sinensis* in the Primorsky Territory are described. Field studies were conducted in 2018-2021 by route reconnaissance method. Description of habitats and morphometric parameters of Chinese ladies'-tresses, analysis of herbarium specimens (VLA, VBGI, MW, MHA, LE) of this plant in the Russian Far East was carried out. In the Primorsky Territory, new habitats of the Chinese ladies'-tresses have been identified and five cenopopulations have been described. The area of the plots ranged from 8 to 936 m², the number of flowering individuals was from 12 to 28 specimens, and the population density reached 5 specimens/m². The height of a flowering plant can reach 64 cm. The species is not included in the Red Book of the Russian Federation (2008) or in the Red Book of the Primorsky Territory (2008), so it can be used in the region for landscaping as a beautiful flowering herbaceous plant.

Keywords: *Spiranthes sinensis*, Orchidaceae, Primorsky Territory, habitat, related species, decorative orchid

Для цитирования: Федина Л.А., Маркова Т.О., Маслов М.В. Новые местонахождения декоративной орхидеи *Spiranthes sinensis* (Orchidaceae) в Приморском крае // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 124–129. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-15>

For citation: Fedina L.A., Markova T.O., Maslov M.V. New locations of the decorative orchid *Spiranthes sinensis* (Orchidaceae) in the Primorsky Territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 124–129. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-15>

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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000120-9).

Acknowledgements

The research was carried out within the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 121031000120-9).

ВВЕДЕНИЕ

Ятрышниковые, или орхидные (*Orchidaceae* Lindl.), – одно из самых крупных семейств растений на Земле. Число известных видов включает около 30 тыс., из которых 129 произрастают в России. В настоящее время в Приморском крае известны лишь 40 видов орхидей [1]. Многие орхидеи открытого грунта являются редкими охраняемыми растениями. В настоящее время зимостойкие орхидеи выращиваются коллекционерами в коммерческих целях, кроме того, в ботанических садах проводят испытания образцов различных видов. Специалисты отмечают сложности с их разведением, связанные с узкой специализацией к условиям среды

обитания, а также получением достаточного количества посадочного материала. В результате многолетних исследований вегетативного и семенного размножения отдельных представителей родов *Cremastra* Lindl., *Cypripedium* L., *Dactylorhiza* Nevski, *Epipactis* Zinn., *Gymnadenia* R. Br., *Oreorchis* Lindl., *Platanthera* Rich. из различных географических районов многими авторами отмечено, что большое количество видов орхидей умеренного климата может расти в садах в качестве декоративных растений^{1–3} [2].

В настоящее время в питомниках и садах стран Северной и Средней Европы, США и Канады выращивают около 15 видов рода *Cypripedium* (см. сноски 2, 3) [3]. Из орхи-

¹Коновалова Т.Ю. Виды природных орхидей, наиболее перспективных для цветоводства в средней полосе России // Цветоводство: История, теория, практика: материалы VII Междунар. конф. (24–26 мая 2016. Минск, Беларусь). Минск: Конфидо, 2016. С. 141–143.

²Chu C.C., Mudge K.W. Propagation and conservation of native Lady's Slipper Orchids (*Cypripedium acaule*, *C. calceolus*, *C. reginae*) // North American terrestrial orchids. Propagation and production. Conference proceedings. Germantown, Maryland, 1996. P. 107–112.

³Cribb P. The Genus *Cypripedium*. Portland, 1997. 301 p.

дей Приморского края в Московской области испытан *S. guttatum* Sw., который считается одним из самых устойчивых в культуре [4–6]. Введение природных орхидных растений в культуру значительно усилит эстетическое восприятие окружающего мира. Специалисты заинтересованы в интродукции как можно большего количества видов этих декоративных растений и в разработке их агротехники.

Скрученник китайский – травянистое растение высотой до 50 см, короткостебельно-кистекорневой поликарпик с утолщенными придаточными корнями [7]. Декоративное, длительно цветущее орхидное с необычным закрученным соцветием. По нашим данным, в Приморском крае высота цветущего растения может достигать 64 см.

Скрученник китайский – один из самых распространенных видов наземных орхидных, произрастает в различных экотопах, часто встречается в нарушенных местообитаниях. Обычными местонахождениями растений являются низкотравные мезо- и ксерофитные луга, обочины полевых дорог и прибрежные участки, реже встречаются в редколесье, на лесных опушках и заболоченных участках. Хорошо переносит засуху и сильное уплотнение почвы [1]. Гигромезофитный, светолюбивый, лугово-пойменный (луговой) вид.

Лимитирующими факторами являются нарушение естественных мест произрастания в результате экстремальных природных явлений и антропогенного воздействия.

Согласно Международному союзу охраны природы, *S. sinensis* не имеет угроз к исчезновению, однако включен в региональные Красные книги России: на Дальнем Востоке – в Республике Саха (Якутия), Еврейской автономной области, Камчатского края^{4,6}.

S. sinensis имеет статус 3 – редкий вид, имеющий значительный общий ареал, в

пределах которого встречается спорадически с небольшой численностью популяций.

Распространен в Общеазиатском регионе (Восточно- и Южноазиатском с проникновением в Австралию). На Дальнем Востоке России произрастает в Приморском и Хабаровском краях, в Амурской области, Еврейской автономной области, на Сахалине, Камчатке и на Курилах [1].

В Приморском крае скрученник китайский выявлен практически во всех районах, однако известные современные местонахождения имеют низкую численность популяций. Отмечен на территориях заповедников: Уссурийском им. В.Л. Комарова, Кедровой Пади (ныне Национальный парк «Земля леопарда»), Сихотэ-Алинском биосферном [8–10].

Цель исследования – описать новые местонахождения *S. sinensis* в Приморском крае.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проведены традиционным маршрутно-рекогносцировочным методом. Осуществлено описание выявленных местообитаний *S. sinensis*, а также морфометрических показателей растения. Проведен анализ гербарных образцов (VLA, VBG, MW, MHA, LE) скрученника китайского на Дальнем Востоке России.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За период 2018–2021 гг. в Приморском крае обнаружены три новых местообитания и описаны пять ценопопуляций *S. sinensis* (см. рис. 1).

Михайловский район. Окрестности с. Отрадное, кл. Рябоконец (43°73'74" N, 132°47'87" E); 22.08.2019; мезофитный луг. На участке площадью 936 м² произрастало 25 особей *S. sinensis*, из них 12 цветущих растений. На данной площади также отмечены *Aralia*

⁴Красная книга Республики Саха (Якутия). Редкие и находящиеся под угрозой виды растений и грибов / отв. ред. Н.С. Данилова. М.: Реарт, 2017. Т. 1. С. 159.

⁵Красная книга Еврейской автономной области. Редкие и находящиеся под угрозой виды растений и грибов / отв. ред. Т.А. Рубцова. Новосибирск: АРТА, 2006. С. 106.

⁶Красная книга Камчатского края. Растения / отв. ред. О.А. Черныгина. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2018. Т. 2. С. 54.

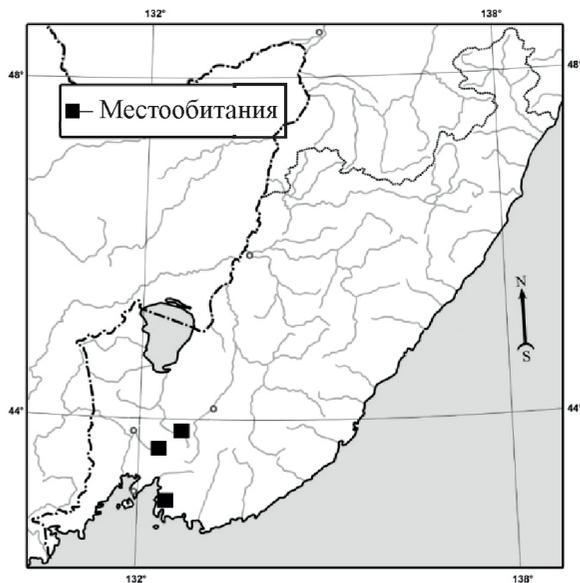


Рис. 1. Новые местообитания *S. sinensis* в Приморском крае

Fig. 1. New habitats of *S. sinensis* in the Primorsky Territory

elata (Miq.) Seem., *Populus maximowiczii* A. Henry, *P. tremula* L., *Fraxinus mandshurica* Rupr., единичный подрост *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. Сопутствующие растения травянистого яруса – *Kalimeris incisa* (Fisch.) DC, *Conyza canadensis* (L.) Cronq., *Gentiana zollingeri* Fawcett, массово – *Ambrosia artemisiifolia* L.

Уссурийский городской округ. Окрестности с. Каймановка (43°37'23" N, 132°13'50" E); 15.08.2010; 13.08.2019; агроценоз, экотон. Найдены три ценопопуляции *S. sinensis*.

1. Полянно-разнотравный луг. На участке площадью 25,5 м² произрастало 12 цветущих особей. Сопутствующие травянистые растения – *Agrimonia striata* Michx., массово – *Artemisia rubripes* Nakai, *A. stolonifera* (Maxim.) Kom., *A. scoparia* Waldst. et Kit., *Trifolium lupinaster* L., *T. repens* L., *Hypericum ascyron* L., *H. gebleri* Ledeb.

2. Злаково-разнотравная поляна. На участке площадью 16,5 м² произрастало 28 цветущих особей. Высота растений не превышала 35 см, плотность популяции достигала 5 экз./м². На данной площади отмечены одиночные небольшие древесные растения *Ulmus japonica* (Rehd.) Sarg. Сопутствующие

травянистые растения – *Asterager atoides* Turcz., *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth., *Phleum pratense* L., *Poa nemoralis* L., *P. ochotensis* Trin., *P. compressa* L., *Conyza canadensis* (L.) Cronq.

3. Полянно-злаково-разнотравная поляна. На участке площадью 8 м² произрастало 20 цветущих особей. Высота растений достигала 50–64 см (см. рис. 2), длина листа составляла 17 см, ширина – 1,2 см. Сопутствующие травянистые растения – перечисленные выше растения из второй ценопопуляции, а также массово *Ambrosia artemisiifolia* L., *Amphicarpaea japonica* (Oliv.) V. Fedtsch.

ЗАО Фокино. Окрестности пос. Фокино (42°58'22" N, 132°24'31" E), 18.08.2018; территория пляжа «Песочница», участок задернованной лужайки, испытывающей интенсивное вытаптывание. Травостой невысокий, общее проективное покрытие составляет не более 35%. На участке площадью 26 м² произрастало 13 цветущих особей. Сопутствующие травянистые растения – *Festuca extremiorientalis* Ohwi, *F. pratensis* Huds., *Seseli seseloides* (Turcz.) Hiroe, *Plantago depressa* Willd., *Carex arnellii* Christ, *C. bostrychostigma* Maxim., *Cyperus orthostachyus* Franch. et Savat., *Eriophorum polystachyon* L.

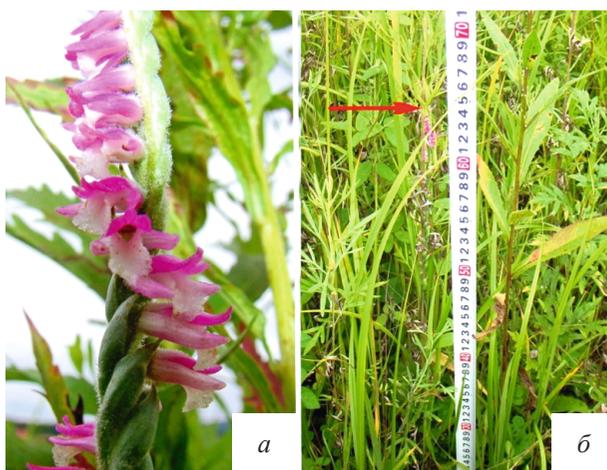


Рис. 2. *S. sinensis* в естественных условиях. Приморский край, окрестности с. Каймановка (43°37'23" N, 132°13'50" E):

а – вид соцветия; б – замеры растения

Fig. 2. *S. sinensis* in vivo. Primorsky Territory, Kaimanovka (43°37'23" N, 132°13'50" E):

а – type of inflorescence; б – measurements of the plant

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории Приморского края выявлены новые местообитания скрученника китайского, который относительно устойчив к постоянному вытаптыванию и долговечен в травостое. *S. sinensis* весьма декоративен, имеет длительный период цветения, хорошо размножается вегетативно. Вид не включен в Красную книгу Российской Федерации (2008 г.), а также в Красную книгу Приморского края (2008 г.), поэтому его можно использовать в регионе в качестве декоративного растения. Как и другие луговые виды орхидей, скрученник китайский может расти на солнечных местах и в полутени в сочетании с сопутствующими некрупными растениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахрамеева М.Г., Варлыгина Т.И., Татаренко И.В. Орхидные России (биология, экология и охрана): монография. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 437 с.
2. Швецов А.Н., Трулевич Н.И., Двораковская В.М., Гutowская Н.И., Коновалова Т.Ю., Науменкова Т.С., Саодатова Р.З., Шатко В.Г., Галкина М.А., Казанцева Е.С., Крамаренко Л.А., Павлова И.В., Шевырева Н.А., Мамонтов А.К. Растения природной флоры в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина Российской академии наук. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. 657 с.
3. Tullock J. Growing hardy orchids. Portland, 2005. 244 p.
4. Мамаев С.А., Князев М.С., Куликов П.В., Филиппов Е.Г. Орхидные Урала: монография. Екатеринбург, 2004. 124 с.
5. Широков А.И., Коломейцева Г.Л., Буров А.В., Каменева Е.В. Культивирование орхидей европейской России. Нижний Новгород, 2005. 64 с.
6. Ключикова И.С. Орхидные природной флоры в коллекции ботанического сада Тверского государственного университета // Вестник Тверского государственного университета. 2007. № 7 (3). С. 183–186.
7. Kozhevnikov A.E., Kozhevnikova Z.V., Kwak M., Lee B.Y. Illustrated flora of the Primorsky Territory (Russian Far East). National Institute of Biological Resources. Incheon, 2019. 1124 p.

8. Коркишко Р.И., Шибнева И.В. Орхидные заповедника «Кедровая Падь» // Растительный и животный мир заповедника «Кедровая Падь». Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 27–31.
9. Федина Л.А. Состояние орхидных в Уссурийском заповеднике (Южное Приморье) // Вестник Иркутского государственного аграрного университета. 2014. № 65. С. 58–64.
10. Пименова Е.А. Сосудистые растения // Растения, грибы и лишайники Сихотэ-Алинского заповедника: монография. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 172–365.

REFERENCES

1. Vahrameeva M.G., Varlygina T.I., Tatarenko I.V. *Orchids of Russia (biology, ecology and protection)*. Moscow: KMK Scientific Publishers Association, 2014. 437 p. (In Russian).
2. Shvetsov A.N., Trulevich N.I., Dvorakovskaya V.M., Gutovskaya N.I., Konovalova T.YU., Naumenkova T.S., Saodatova R.Z., Shatko V.G., Galkina M.A., Kazantseva E.S., Kra-marenko L.A., Pavlova I.V., Shevyreva N.A., Mamontov A.K. *Plants of natural flora in the Main Botanical Garden named after N.V. Tsit-sin of the Russian Academy of Sciences*. Moscow: KMK Scientific Publishers Association, 2013, 657 p. (In Russian).
3. Tullock J. *Growing hardy orchids*. Portland, 2005, 244 p.
4. Mamaev S.A., Knyazev M.S., Kulikov P.V., Filippov E.G. *Orchids of the Urals*. Ekaterin-burg, 2004, 124 p. (In Russian).
5. Shirokov A.I., Kolomejceva G.L., Burov A.V., Kameneva E.V. *Cultivation of orchids in European Russia*. Nizhnij Novgorod, 2005, 64 p. (In Russian).
6. Klyujkova I.S. Orchids of natural flora in the collection of the Botanical Garden of the Tver State University. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Tver State University*, 2007, no. 7 (3), pp. 183–186. (In Russian).
7. Kozhevnikov A.E., Kozhevnikova Z.V., Kwak M., Lee B.Y. *Illustrated flora of the Primorsky Territory (Russian Far East)*. National Institute of Biological Resources, Incheon, 2019, 1124 p.
8. Korkishko R.I., Shibneva I.V. *Orchids of the "Kedrovaya Pad" Reserve*. Flora and fauna of the reserve «Kedrovaya Pad». Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2006, pp. 27–31. (In Russian).

9. Fedina L.A. The state of orchids in the Ussuriysky Reserve (Southern Primorye). *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik IrGSHA*, 2014, no. 65, pp. 58–64. (In Russian).
10. Pimenova E.A. Vascular plants. *Plants, fungi and lichens of the Sikhote-Alin Reserve*. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2016, pp. 172–365. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Федина Л.А., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

✉ **Маркова Т.О.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 690022, Приморский край, Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159; e-mail: martania@mail.ru

Маслов М.В., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Lyubov A. Fedina, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

✉ **Tatyana O. Markova**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 159, 100th anniversary of Vladivostok ave., Vladivostok, Primorsky Territory, 690022, Russia; e-mail: martania@mail.ru

Mikhail V. Maslov, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 16.05.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 22.08.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022



АМИЛОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ИЗОЛЯТОВ БАКТЕРИЙ *BACILLUS SUBTILIS*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ МИКРОБИОТЫ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ*

✉ Павлов А.Г.

Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

✉ e-mail: agronii@mail.ru

В настоящее время изучение ферментативного потенциала бактерий *Bacillus subtilis* является востребованным в силу того, что на их основе создаются пробиотические и ферментативные препараты для использования их в животноводстве. Представлены результаты исследования амилолитической активности 10 изолятов бактерий *B. subtilis*, выделенных из микробиоты диких животных, на амилопектин. Определение активности бактериальных ферментов производили методом Шомоди – Нельсона. В качестве ферментного препарата взяты супернатанты культуральной жидкости посевов 1, 2, 3 и 7-го дня. Изоляты с высокими качественными показателями исследовали количественно с использованием спектрофотометра. Отобраны два изолята с лучшими показателями. Концентрацию белков определяли методом Брэдфорда. Кроме изучения супернатантов изолятов, которые показали внеклеточную ферментативную активность, проведены исследования на внутриклеточные ферменты. Разрушение клеток производилось с помощью ультразвукового дезинтегратора, в котором растворенный осадок содержался в стеклянном флаконе, находящемся в колбе со льдом. Наилучшие качественные показатели выявлены у изолятов *B. subtilis* 2СП и *B. subtilis* 5СП, имеющих высокую активность по амилопектину начиная с первого дня, поэтому дальнейшие количественные исследования продолжены с ними. Концентрация белка у указанных изолятов прогрессировала по дням посевов. Удельная активность тоже соответственно увеличивалась и на 7-й день у изолята *B. subtilis* 2СП составила 2,75 ед./мг, у *B. subtilis* 5СП – 2,67 ед./мг. Изучение активности внутриклеточных ферментов у данных изолятов подтвердили аналогичные качественные показатели. По результатам исследований отобраны перспективные для разработки ферментных препаратов два изолята *B. subtilis*, выделенные из микробиоты диких животных Крайнего Севера.

Ключевые слова: дикие животные, микробиота, *Bacillus subtilis*, амилопектин, фермент, супернатант

AMYLOLYTIC ACTIVITY OF *BACILLUS SUBTILIS* ISOLATES OBTAINED FROM WILDLIFE MICROBIOTA*

✉ Pavlov A.G.

Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after M.G. Safronov
Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia

✉ e-mail: agronii@mail.ru

At present, the study of the enzymatic potential of *Bacillus subtilis* bacteria is in demand due to the fact that probiotic and enzymatic preparations are created on their basis for their use in animal husbandry. The results of the study of amylolytic activity of 10 isolates of *B. subtilis* bacteria iso-

*Научный руководитель – доктор ветеринарных наук, профессор М.П. Неустроев.

*Supervisor - Doctor of Science in Veterinary Medicine, Professor M.P. Neustroev.

lated from wildlife microbiota for amylopectin are presented. Determination of bacterial enzyme activity was performed by the Schomodi-Nelson method. The supernatants of the culture liquid of the 1st, 2nd, 3rd, and 7th day cultures were taken as enzyme preparation. Isolates with high qualitative indices were examined quantitatively using a spectrophotometer. The two isolates with the best performance were selected. Protein concentration was determined by the Bradford method. In addition to studying supernatants of isolates that showed extracellular enzymatic activity, studies were performed on intracellular enzymes. Cell destruction was performed using an ultrasonic disintegrator, in which the dissolved sediment was contained in a glass vial in a flask with ice. The best qualitative indicators were found in *B. subtilis* 2SP and *B. subtilis* 5SP isolates, which had high amylopectin activity from day one, so further quantitative studies were continued with them. Protein concentrations in the above isolates progressed by the days of seeding. The specific activity also increased accordingly and on day 7, the *B. subtilis* 2SP isolate was 2.75 units/mg, *B. subtilis* 5SP 2.67 units/mg. The study of the activity of intracellular enzymes in these isolates confirmed similar qualitative indicators. Two *B. subtilis* isolates were selected as promising for the development of enzyme preparations isolated from the microbiota of wild animals of the Far North.

Keywords: wild animals, microbiota, *Bacillus subtilis*, amylopectin, enzyme, supernatant

Для цитирования: Павлов А.Г. Амилолитическая активность изолятов бактерий *Bacillus subtilis*, выделенных из микробиоты диких животных // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 130–135. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-16>

For citation: Pavlov A.G. Amylolytic activity of *Bacillus subtilis* isolates obtained from wildlife microbiota. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 130–135. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-16>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Bacillus subtilis – аэробная грамположительная почвенная бактерия, которая используется для производства гетерологичных белков. Она выделяет многочисленные ферменты для деградации различных субстратов, что позволяет бактериям выживать в почвенной среде, а также в ризосфере растений [1]. Этот вид и некоторые его близкородственные виды бактерий обладают отличной способностью секретировать белки, что делает их важными производителями лекарственных белков и промышленных ферментов. Кроме того, она имеет прекрасные физиологические характеристики и высоко адаптируемый метаболизм, что позволяет легко культивировать ее на дешевых субстратах. *B. subtilis* быстро растет, цикл ферментации короткий (обычно около 48 ч), в то время как цикл ферментации *Saccharomyces cerevisiae* составляет около 180 ч [2].

В России и за рубежом *B. subtilis* применяют в качестве пробиотических препаратов [3]. В Якутском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (ЯНИИСХ) разработан препарат «Сахабактисубтил» на основе штаммов бактерий *B. subtilis* «ТНП-3 ДЕП» и *B. subtilis* «ТНП-5 ДЕП», выделенных из мерзлотных почв Якутии. Данный препарат обладает выраженным антагонистическим действием против многих патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, нормализует микробиоценоз кишечника животных, обостряет иммунобиологическую реактивность организма [4]. По данным литературы, в микробиоте диких животных севера доминируют бактерии рода *Bacillus* [5–7].

Бактерии рода *Bacillus* являются перспективными микроорганизмами, которые широко применяют в животноводстве. На их основе создают кормовые добавки, в которых *Bacillus* выступает в качестве источника

гидролаз. В настоящее время для увеличения питательной ценности кормов, повышения перевариваемости используют ферментные препараты амила субтилин, протосубтилин, моноспорин и др. Ферментные препараты на основе бацилл положительно влияют на пищеварение и обмен веществ у сельскохозяйственных птиц и животных [8].

Промышленное использование *B. subtilis* быстро развивается в последние десятилетия. Это один из основных микроорганизмов для производства многих промышленных продуктов. Химические вещества, продуцируемые *B. subtilis*, также играют важную роль в различных областях, например в производстве продуктов питания, кормовых добавок, косметических средств, химикатов, а также в фармацевтике [9]. *B. subtilis* классифицируется как общепризнанно безопасная бактерия (GRAS), которую можно использовать в виде безопасного пищевого продукта [10].

Расшифровка геномных детерминант гидролиза крахмала на основе компьютерного моделирования показала, что амилолитическая активность у грамположительных бактерий зависит от сложного преобразования генетической программы клетки. В то же время достоверно подтверждено, что способность бактерии расщеплять крахмал зависит не от наличия гена α -амилазы в его геноме, а от амилазной активности [11].

Цель работы – изучить ферментативную активность изолятов бактерий *B. subtilis*, выделенных их микробиоты диких животных, на амилопектин.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2022 г. в лаборатории разработки микробных препаратов ЯНИИСХ и в лаборатории химии ферментов Тихоокеанского института биоорганической химии им. Г.Б. Елякова. Изоляты *B. subtilis* – 3, 4, 5, 8, 11, 16, 24, 25, 2сп и 5сп, выделенные из микробиоты диких животных, взяты из рабочей коллекции микроорганизмов ЯНИИСХ. Для посевов бактерий использован мясопептонный бульон. Для насыщения кислородом его инкубировали на качалке в колбах с ват-

но-марлевой пробкой при комнатной температуре.

При проведении исследований для определения активности бактериальных ферментов использовали метод Шомоди – Нельсона. Концентрацию белков определяли методом Брэдфорда.

Отобранные от посевной культуры аликваты центрифугировали при 4500 об./мин в течение 15 мин. Из полученных супернатантов сделали смеси E + S (фермент с субстратом), E + H₂O (фермент-контроль), S + H₂O (субстрат-контроль), 100 и 200 мкл соответственно. Смесь дистиллированной воды с супернатантом показывает интенсивность расщепления собственных сахаров, с субстратом – возможное расщепление сахаров без участия фермента. Время ферментации в термостате при 37 °C составило ~18 ч. После ферментации для определения активности бактериальных ферментов использовали метод Шомоди – Нельсона с добавлением 300 мкл раствора Нельсона A + B в смеси E + S, E + H₂O и S + H₂O. Далее ставили в термостат при 99 °C на 15 мин, добавили 300 мкл раствора Нельсона C и 500 мкл дистиллированной воды. По итогам исследований методом Нельсона определяли качественные показатели изолятов. С высокими качественными показателями исследовали количественно с использованием спектрофотометра при длине волны 750 нм. Концентрацию белков определяли методом Брэдфорда при 595 нм. В качестве субстрата использовали раствор амилопектина в сукцинатном буферном растворе (pH 6,0) в концентрации 1 мг/мл. Кроме изучения супернатантов изолятов, которые показали внеклеточную ферментативную активность, проведены исследования на внутриклеточные ферменты. Для этого после центрифугирования односуточной посевной культуры брали осадок и растворяли в сукцинатном буферном растворе (pH 6,0). Разрушение клеток производилось с помощью ультразвукового дезинтегратора, в котором растворенный осадок содержался в стеклянном флаконе, находящемся в колбе со льдом. Дезинтегратор выключался с периодичностью в 2 мин на протяжении 20 мин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследований выявлена амилолитическая активность супернатантов изолятов *B. subtilis* на 1, 2, 3 и 7-й день посева на амилопектин (см. таблицу). Контроль-субстраты были прозрачными, не имели голубой окраски, что подтверждает достоверность результатов.

По результатам наших исследований, наилучшие качественные показатели выявлены у изолятов *B. subtilis* 2СП и *B. subtilis* 5СП. Они имели высокую активность по амилопектину начиная с первого дня, поэтому дальнейшие количественные исследования продолжены с ними.

Как показывают данные рис. 1 и 2, качественные показатели изолятов подтвердились количественными исследованиями. Концентрация белка изолятов прогрессировала по дням посевов (см. рис. 1). Удельная активность тоже соответственно увеличивалась и на 7-й день у *B. subtilis* 2СП составила 2,75 ед./мг, у *B. subtilis* 5СП – 2,67 ед./мг (см. рис. 2).

При исследовании внутриклеточных ферментов активность на фермент-контроле не наблюдали, поэтому можно предположить, что изоляты штаммов *B. subtilis* 2СП и *B. subtilis* 5СП расщепили именно субстрат амилопектина без примесей своих сахаров. Этот ме-

Качественные показатели амилолитической активности супернатантов *B. subtilis* по дням посевов
Qualitative indices of amyolytic activity of *B. subtilis* supernatants by days of planting

Изолят	Амилопектин	Е + H ₂ O	Амилопектин	Е + H ₂ O	Амилопектин	Е + H ₂ O	Амилопектин	Е+H ₂ O
	1-й день		2-й день		3-й день		7-й день	
11	–	–	–	–	+	–	±	±
25	–	–	–	–	±	–	±	±
3	–	–	–	–	±	–	±	±
5	–	–	–	–	±	–	±	±
16	–	–	±	–	++	–	±	±
2СП	+++	+	+++	+	+++	+	+++	+
24	–	–	–	–	±	–	±	±
8	–	–	–	–	+±	–	±	±
4	±	–	±	–	+±	–	±	±
5СП	+++	+	+++	+	+++	+	+++	+
Контроль-субстрат	–		–		–		–	

Примечание. «–» – активность отсутствует, «±» – небольшая активность, «+» – средняя активность, «++» – невысокая активность, «+++» – высокая активность.

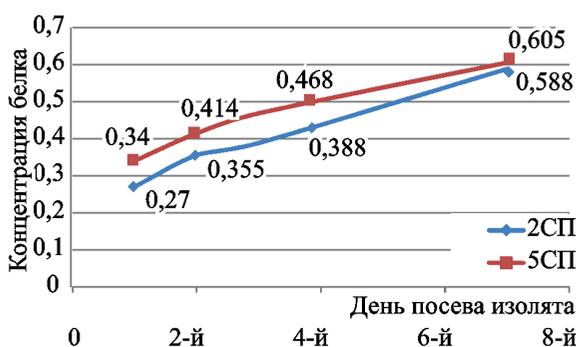


Рис. 1. Концентрация белка изолятов *B. subtilis* 2СП и *B. subtilis* 5СП по дням посевов, мг/мл

Fig. 1. Protein concentration of *B. subtilis* 2SP and *B. subtilis* 5SP isolates by days of planting, mg/ml

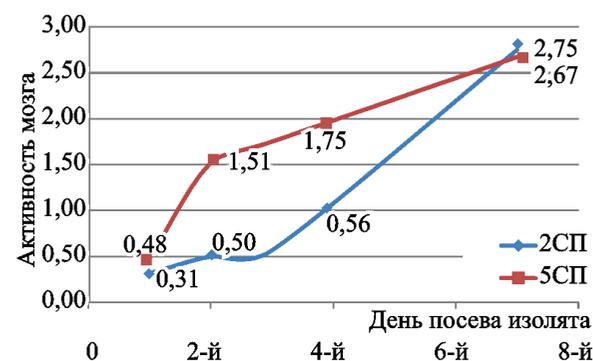


Рис. 2. Удельная активность лизатов на амилопектин по дням посевов, ед./мг белка

Fig. 2. Specific activity of lysates for amylopectin by days of planting, units/mg protein

тод оказался мало информативен, за исключением того, что у изолятов не было активности в фермент-контроле, когда как качественные показатели по Нельсону на амилопектин сопоставимы с исследованиями супернатантов на спектрофотометре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для дальнейших исследований и разработки ферментных препаратов отобраны два перспективных изолята *B. subtilis* 2СП и *B. subtilis* 5СП, выделенные из микробиоты диких животных Крайнего Севера, с амилолитической активностью 2,75 и 2,67 ед./мг соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Донкова Н.В., Донков С.А. Ферментативная активность бактерий из рода *Bacillus* при гидролизе крахмалсодержащего растительного сырья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2021. № 5 (170). С. 174–179. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-5-174-179.
2. Earl A.M., Losick R., Kolter R. Ecology and genomics of *Bacillus subtilis* // Trends in Microbiology. 2008. Vol. 16. P. 69–75. DOI: 10.1016/j.tim.2008.03.004.
3. Новик Я.В., Ноздрин Г.А., Ноздрин А.Г. Влияние пробиотических препаратов на основе *Bacillus subtilis* на массу гусят // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (208). С. 55–58. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-208-2-55-58.
4. Николаева Н.А., Тарабукина Н.П., Степанова А.М., Борисова П.П., Алексеева Н.М., Парникова С.И. Применение кормовых добавок в кормлении телок симментальской породы // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 5. С. 78–82. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-11015.
5. Лайшев К.А., Ильина Л.А., Ёылдырым Е.А., Филиппова В.А. Микробиота рубца у северных оленей (*Rangifer tarandus*) с клиническими проявлениями некробактериозов // Сельскохозяйственная биология. 2019. № 4. С. 744–753. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.4.744rus.
6. Кудреватых И.А., Шумилина Н.Н. Оценка микробного пейзажа кишечника крольчат // Пермский аграрный вестник. 2018. № 1 (21). С. 121–124.

7. Тарабукина Н.П., Неустроев М.П., Степанова А.М., Парникова С.И., Дулова С.В., Скрябина М.П., Обоева Н.А. Бактерицидная активность санитарно-гигиенического средства на основе штаммов бактерий *Bacillus subtilis* // Гигиена и санитария. 2020. № 3. С. 265–269. DOI: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-265-269.
8. Мухаммадиев Р.С., Мухаммадиев Р.С. Ферментативная активность ксиланаз и целлюлаз пробиотических штаммов *Bacillus subtilis* // Ветеринарный врач. 2019. № 3. С. 19–23. DOI: 10.33632/1998-698X.2019-3-19-24.
9. Su Y., Liu C., Fang H. *Bacillus subtilis*: a universal cell factory for industry, agriculture, biomaterials and medicine // Microbial Cell Factories. 2020. Vol. 19. DOI: 10.1186/s12934-020-01436-8.
10. Yao D., Su L., Li N. Enhanced extracellular expression of *Bacillus stearothermophilus* α -amylase in *Bacillus subtilis* through signal peptide optimization, chaperone overexpression and α -amylase mutant selection // Microbial Cell Factories. 2019. Vol. 18. DOI: 10.1186/s12934-019-1119-8.
11. Бруслик Н.Л., Каюмов А.Р., Богачев М.И., Яруллина Д.Р. Сравнительная характеристика амилолитической активности грамположительных бактерий // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2014. № 2. С. 47–51.

REFERENCES

1. Donkova N.V., Donkov S.A. Enzymatic activity of bacteria from genus *Bacillus* during hydrolysis of starch-containing vegetable raw materials. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik KrasGAU*, 2021, no. 5 (170), pp. 174–179. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2021-5-174-179.
2. Earl A.M., Losick R., Kolter R. Ecology and genomics of *Bacillus subtilis*. *Trends in Microbiology*, 2008, vol. 16, pp. 69–75. DOI: 10.1016/j.tim.2008.03.004.
3. Novik YA.V., Nozdryn G.A., Nozdryn A.G. Effect of probiotic products based on *Bacillus subtilis* on gosling weight. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2022, no. 2 (208), pp. 55–58. (In Russian). DOI: 10.53083/1996-4277-2022-208-2-55-58.
4. Nikolaeva N.A., Tarabukina N.P., Stepanova A.M., Borisova P.P., Alekseeva N.M., Parnikova S.I. The use of feed additives in the feeding of heifers of the Simmental breed. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International*

- Agricultural Journal*, 2021, no. 5, pp. 78–82. (In Russian). DOI: 10.24411/2587-6740-2020-11015.
5. Lajshev K.A., Il'ina L.A., Jyldyrym E.A., Filipova V.A. The rumen microbiota of reindeer (*Rangifer tarandus*) with clinical manifestations of necrobacteriosis. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2019, no. 4, pp. 744–753. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiol.2019.4.744rus.
 6. Kudrevatyh I.A., Shumilina N.N. Evaluation of microbial landscape of the intestine in rabbits. *Permskij agrarnyj vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2018, no. 1 (21), pp. 121–124. (In Russian).
 7. Tarabukina N.P., Neustroev M.P., Stepanova A.M., Parnikova S.I., Dulova S.V., Skryabina M.P., Oboeva N.A. Bactericidal activity of a sanitary and hygienic product based on *Bacillus subtilis* bacteria strains. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*, 2020, no. 3, pp. 265–269. DOI: 10.33029/0016-9900-2020-99-3-265-269.
 8. Muhammadiev Rish.S., Muhammadiev Rin.S. Enzymatic activity of xylanases and cellulases of probiotic strains *Bacillus subtilis*. *Veterinarnyj vrach = Veterinarny Vrach*, 2019, no. 3, pp. 19–23. (In Russian). DOI: 10.33632/1998-698X.2019-3-19-24.
 9. Su Y., Liu C., Fang H. *Bacillus subtilis*: a universal cell factory for industry, agriculture, biomaterials and medicine. *Microbial Cell Factories*, 2020, vol. 19. DOI: 10.1186/s12934-020-01436-8.
 10. Yao D., Su L., Li N. Enhanced extracellular expression of *Bacillus stearothermophilus* α -amylase in *Bacillus subtilis* through signal peptide optimization, chaperone overexpression and α -amylase mutant selection. *Microbial Cell Factories*, 2019, vol. 18. DOI: 10.1186/s12934-019-1119-8.
 11. Bruslik N.L., Kayumov A.R., Bogachev M.I., Yarullina D.R. Comparative analysis of amylolytic activity in gram-positive bacteria. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya = Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2014, no 2, pp. 47–51 (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Павлов А.Г., аспирант; адрес для переписки: Россия, 677001, Республика Саха (Якутия), Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23/1; e-mail: agronii@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ Ayal G. Pavlov, Postgraduate Student, address: 23/1, Bestuzheva-Marlinskogo St., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), 677001, Russia; e-mail: agronii@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 18.08.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 17.10.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДНК-МАРКЕРОВ В СЕЛЕКЦИИ СОИ ДЛЯ ОТБОРА ФОТОПЕРИОДИЧЕСКИ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ

✉ Ержебаева Р.С., Бабисекова Д.И., Дидоренко С.В.

Казакский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства

Алматынская область, пос. Алмалыбак, Республика Казахстан

✉ e-mail: raushan_2008@mail.ru

Представлены результаты применения ДНК-маркеров в селекционном процессе сои для отбора фотопериодически нейтральных линий. Исследования проведены в предгорной зоне юго-востока Республики Казахстан на базе научно-полевого стационара в условиях 2020 г. Материалы исследования – 22 образца сои от ультраскороспелых (MG000) до средне-позд-незрелых (MGIII) групп спелости, использованных в качестве родительских форм для скрещиваний, а также 67 гибридных популяций из них (поколение F_2-F_4). ДНК-идентификация аллельной вариации генов *E1*, *E3*, *E7* проведена методом ПЦР с использованием SSR маркеров. По результатам ДНК-идентификации определены 10 образцов наиболее ценных родительских форм сои (носителей двух рецессивных аллелей в гомозиготном состоянии *ele7*) и 1 образец (сорт Малета), несущий три рецессивные аллели *ele3e7*. На основании маркер-ассоциированного отбора из 355 отдельных растений 67 гибридных популяций выявлены 9 растений, несущих рецессивные аллели *ele3e7*, из таких гибридных популяций, как Зара × Малета (номера гибридных популяций: 1, 2, 7, 15) и Бірлік × Rana (П-1), и 107 растений с рецессивными аллелями *ele7* из популяций: Зара × Малета (номера гибридных популяций: 1, 9, 7, 13), Бірлік × Hilario (П-10), Бірлік × Toury (П-6), Бірлік × Память ЮГК (П-5, M15/2, M15/3, M15/4 и M20), Бірлік × Припять (П-2), Ласточка × 234 (ЛТ44/11, ЛТ44/12). Данные образцы могут быть направлены для испытания в северные регионы Республики Казахстан как слабочувствительные к фотопериоду линии.

Ключевые слова: соя, ген чувствительности к фотопериоду, ДНК-маркер, маркер-ассоциированный отбор, селекция, линия

THE USE OF DNA MARKERS IN SOYBEAN BREEDING TO SELECT PHOTOPERIOD-NEUTRAL LINES

✉ Yerzhebayeva R.S., Babissekova D.I., Didorenko S.V.

Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing

Almalybak, Almaty Region, Republic of Kazakhstan

✉ e-mail: raushan_2008@mail.ru

The results of using DNA markers in the soybean breeding process to select photoperiod-neutral lines are presented. The studies were carried out in the foothill zone of the south-east of the Republic of Kazakhstan on the basis of the scientific field station of the Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing in the conditions of 2020. The material for the study was 22 samples of soybean from ultra-early ripening (MG000) to middle late ripening (MGIII) groups used as parental forms for crosses and their 67 hybrid populations (generation F_2-F_4). DNA identification of the allelic variation of the *E1*, *E3*, *E7* genes was carried out by PCR method using SSR markers. According to the results of DNA identification, ten samples of the most valuable parental forms of soybeans (carriers of two recessive alleles in the homozygous state *ele7*) and 1 sample (the Maleta variety)

carrying three recessive alleles *e1e3e7* were identified. Based on the marker-associated selection from 355 individual plants of 67 hybrid populations, 9 plants carrying valuable recessive alleles *e1e3e7* were isolated from such combinations as Zara x Maleta (hybrid population numbers: 1, 2, 7, 15) and Birlik x Rana (P-1) and 107 plants carrying valuable recessive *e1e7* alleles from such populations as: Zara x Maleta (hybrid population numbers: 1, 9, 7, 13), Birlik x Hilario (P-10), Birlik x Toury (P-6), Birlik x Memory YuGK (P-5, M15/2, M15/3, M15/4 and M20), Birlik x Pripyat (P-2), Lastochka x 234 (LT44/11, LT44/12). These samples can be sent for testing to the northern regions of the Republic of Kazakhstan as the lines that are weakly sensitive to the photoperiod.

Keywords: soybean, photoperiod sensitivity gene, DNA marker, marker-associated selection, selection, line

Для цитирования: Ержебаева Р.С., Бабисекова Д.И., Дидоренко С.В. Использование ДНК-маркеров в селекции сои для отбора фотопериодически нейтральных линий // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 5. С. 136–146. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-17>

For citation: Yezhebayeva R.S., Babisekova D.I., Didorenko S.V. The use of DNA markers in soybean breeding to select photoperiod-neutral lines. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 5, pp. 136–146. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-17>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Данная работа выполнена в рамках 267 бюджетной программы, подпрограммы 101 программно-целевого финансирования научных исследований и мероприятий Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан № ИРН BR10764991 по теме «Создание высокопродуктивных сортов и гибридов масличных и крупяных культур на основе достижений биотехнологии, генетики, физиологии, биохимии растений для устойчивого их производства в различных почвенно-климатических зонах Казахстана»

Acknowledgments

This work was carried out within the framework of the 267 budget program, subprogram 101 of program-targeted financing of scientific research and activities of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan No. IRN BR10764991 on the topic “Creation of highly productive varieties and hybrids of oilseeds and cereals based on the achievements of biotechnology, genetics, physiology, biochemistry of plants for their sustainable production in various soil and climatic zones of Kazakhstan”

ВВЕДЕНИЕ

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) – ведущая в мире масличная культура. Соевые бобы являются богатым источником растительного масла и белка. Это культура многоцелевого использования: продовольственного, кормового, медицинского и технического. Мировое производство сои в 2020 г. составило 353,4 млн т. По производству сои в мире лидируют США, которые производят 86,6 млн т, за которыми следует Бразилия (62,8 млн т), Аргентина (36,8 млн т)¹.

Соя – фотопериодически высокочувствительная, короткодневная культура [1]. Увеличение продолжительности светового дня до 16–17 ч оказывают значительное влияние на вегетационный период, высоту рас-

тений и их продуктивность, существенно ограничивая широтный ареал возделывания отдельных сортов сои² [2–6]. Ученые-селекционеры отмечают, что в условиях длинного дня фоточувствительные сорта позднее зацветают, затягивая вегетационный период и не вызревают в срок (до наступления осенних заморозков). Если требования сорта к длине дня очень резко отличаются от условий, в которые он помещен, сорт вообще не переходит к цветению и плодоношению [7–9]. По этой причине сорта сои, в отличие от сортов зерновых культур, приурочены к узким диапазонам географических широт. В связи с ежегодным расширением ареала выращивания сои повышается актуальность создания сортов, способных давать высокие

¹Данные ФАО. <http://www.fao.org/faostat>

²Савельев А.А. Методы идентификации генотипов при селекции сортов сои с пониженной фотопериодической чувствительностью: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.05. ГНУ Всероссийский НИИ масличных культур им. В.С. Пустовойта. Краснодар. 2009. 24 с. (дата обращения: 01.05.2022).

урожаи в условиях с ограниченными тепловыми ресурсами, вызревать в более северных широтах, где продолжительность светового дня в период с середины мая и до конца июля превышает 16 ч.

Молекулярно-генетическую основу адаптации сои к различным зонам возделывания обеспечивают гены, обозначенные как *E*. Известны двенадцать основных генов сои, контролирующих время цветения, спелости и чувствительности к фотопериоду: *E1*, *E2*, *E3*, *E4*, *E5*, *E6*, *E7*, *E8*, *E9*, *E10*, *E11* и *J* [10]. Из перечисленных выше генов *E1*, *E2*, *E3*, *E4* и *E7* описаны как количественные фотопериодические гены [11, 12], рецессивные аллели которых приводят к фотопериодической нейтральности, а доминантные аллели замедляют переход к репродуктивной фазе и наступлению спелости. Широкая адаптивность культуры обусловлена различными вариациями аллельных комбинаций локусов *E1*, *E2*, *E3*, *E4*, *E7* [13, 14]. Использование знаний генетики цветения, спелости и чувствительности к фотопериоду в селекционном процессе позволило создать сорта сои, которые в настоящее время возделываются в разнообразных климатических зонах [3, 15].

Основой для селекции является наличие доноров и источников скороспелости и фотопериодической нейтральности в генофонде сои. На основании фенотипической оценки коллекции (2300 образцов) в разных регионах Российской Федерации ученые из Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) выделили 340 ультраскороспелых и скороспелых сортов, которые достигли полного налива семян в самой северной точке опытов – Ленинградской области (59°44' с. ш., 30°23' в. д.). Это наиболее северная точка мирового соеведения [8, 16]. Использование таких сортов в селекционном процессе позволяет селекционерам создавать отечественные сорта северного экотипа.

В Казахском НИИ земледелия и растениеводства (КазНИИЗиР), расположенном на юго-востоке Республики Казахстан на 43° с. ш., совместно с сельскохозяйственными опытными станциями начата селекция

ультраскороспелых MG000 (maturity group) и скороспелых MG00 групп спелости сои для северных (53° с. ш.) и восточных (49° с. ш.) регионов в 2008 г. [17]. В настоящее время на территории Павлодарской, Костанайской областей допущен к использованию только один сорт Ивушка (MG000), на территории Восточно-Казахстанской области – четыре сорта сои (Жалпаксай, Бірлік КВ, Восточная красавица, Алуа) селекции КазНИИЗиР. Селекция на фотопериодическую нейтральность усложнена тем, что фенотипически выявление признака возможно только в условиях длинного дня, в результате испытания в северных экологических точках. Для отбора признака фотопериодической нейтральности необходимо применение ДНК-маркеров, позволяющих отслеживать рецессивные аллели гена в расщепляющихся поколениях. В связи с этим в КазНИИЗиР начаты работы по внедрению маркер-ассоциированного отбора в селекционный процесс сои по признаку чувствительности к фотопериоду для продвижения сои в северные регионы Республики Казахстан.

Цель исследований – идентификация аллельной вариации генов *E1*, *E3*, *E7* у сортов и линий сои, используемых в качестве родительских форм, и у отдельных растений в гибридных популяциях для отбора нечувствительных к фотопериоду линий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом исследований служили 22 родительские формы сои MG000 – MGIII (III) групп спелости и полученные с их использованием 67 гибридных популяций (F_2 – F_4).

Для достоверности исследований в опыт включены ДНК-образцы сои – носители рецессивных аллелей генов *E1*, *E7*, *E3* – в качестве положительных контролей: Maple Amber (*e1*), Harosoy OT94-47 (*e3*), Harosoy (*e7*), а также носители доминантных аллелей в качестве отрицательных контролей: Harosoy OT89-5 (*E7*), Ласточка (*E1*), Harosoy (*E3*). Линии Harosoy были предоставлены белорусским ученым О.Г. Давыденко (ООО «Соя-Север»).

Методика исследований. Растения изучаемых гибридных популяций сои F_2 – F_4 выращены в 2020 г. на полевом селекционном участке КазНИИЗиР, расположенном в предгорной зоне юго-востока Республики Казахстан (Алматинская область) на высоте 740 м над уровнем моря (географическое расположение 43°15' с. ш., 76°54' в. д.). Учетная делянка – 1 пог. м, посев по 25 семян с глубиной заделки 4 см. Повторность однократная. При составлении схем скрещиваний учитывали цвет венчика цветка родительских форм как маркерный признак: у отцовской формы – фиолетового цвета, а у материнской формы – белого цвета. Для выращивания и отбора элитных гибридных растений в селекционном процессе сои применялся метод педигри. Гибридные семена F_1 высевали отдельно по комбинациям по схеме: ♀ : F_1 : ♂. У гибридов F_1 проводили браковку по окраске цветка венчика, удаляя растения с белыми цветками. Уборку растений F_1 проводили строго индивидуально. Собранные семена от каждого растения, начиная с поколения F_2 , высевали отдельно по семьям (потомства от каждого растения). В течение вегетации были проведены фенологические наблюдения за ростом и развитием растений сои. В конце вегетации был произведен отбор наиболее продуктивных

растений. Осуществлялась полевая браковка по признакам растрескивания, полегания, склонности к заболеваниям. Количество отобранных растений в различных комбинациях скрещиваний зависело от процента гибридности F_1 и браковки малоценных форм.

Для ДНК-идентификации были подобраны лучшие гибридные популяции поколения F_3 – F_4 , за исключением Зара × Major и Зара × Hilario (F_2). С каждой гибридной популяции сои пронумеровано и маркировано по 5 здоровых растений. После достижения фазы 3-й пары настоящих листьев с каждого маркированного растения (из листьев) экстрагировано ДНК с использованием СТАВ-метода [18]. ПЦР-анализ проводили в амплификаторе «Eppendorf Mastercycler» (Германия). В работе использовали молекулярные маркеры: к гену $E7$ – *Satt 100* и *Satt 319* [19]; к гену $E1$ – *Satt 557* [13], *Satt 365* [19]; к гену $E3$ – *Satt 229* [19]. Нуклеотидная последовательность и условия ПЦР представлены в табл. 1.

Состав реакционной смеси для ПЦР анализа был следующим: 100 нг (нанogramм) геномной ДНК, 1 × PCR буфер, 2,5 мМ MgCl₂, 200 мМ каждого dNTP, 0,5 мМ каждого праймера, 0,5 ед. Taq – полимеразы (ООО «Биосан», Новосибирск, Россия), BSA – 1 мкг. Детектирование про-

Табл. 1. Перечень маркеров и условия ПЦР, используемых для идентификации генов чувствительности к фотопериоду

Table 1. List of markers and PCR conditions used to identify photoperiod sensitivity genes

Ген	Молекулярный маркер		
	Название	Нуклеотидная последовательность	Условия ПЦР
<i>E1</i>	<i>Satt 557</i>	F: GCGGGATCCACCATGTAATATGTG R: GCGCACTAACCCCTTTATTGAA	95 °C – 5 мин, 35 циклов (92 °C – 30 с, 53 °C – 30 с, 72 °C – 45 с), 72 °C – 7 мин
	<i>Satt 365</i>	F: TGCTCCCCTCTGCCTTTTTTCTATTT R: AAGGATGAGTTTGATAAACATGAATGAAGAA	
<i>E7</i>	<i>Satt 100</i>	F: ACCTCATTTTTGGCATAAA R: TTGGAAAACAAGTAATAATAACA	95 °C – 5 мин, 35 циклов (92 °C – 45 с, 53 °C – 1 мин, 72 °C – 80 с), 72 °C – 7 мин
	<i>Satt 319</i>	F: CAACTCAGTAGGGGTCAATAACAA R: TGAAATAGGGAAAATAAGGGAACA	
<i>E3</i>	<i>Satt 229</i>	F: TGGCAGCACACCTGCTAAGGGAATAAA R: GCGAGGTGGTCTAAAATTATTACSTAT	95 °C – 5 мин, 35 циклов (92 °C – 30 с, 53 °C – 45 с, 72 °C – 45 с), 72 °C – 7 мин

водили методом электрофореза продуктов амплификации в 8%-м полиакриламидном геле (Sigma Life Science, Китай). В качестве маркеров молекулярных весов использовали ДНК-маркер *Step 100* (ООО «Биолабмикс», Новосибирск, Россия). На основании сопоставления данных продуктивности, скороспелости и ПЦР-анализа выделены элитные растения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Идентификация аллельной вариации генов E1, E3, E7 у сортов и линий сои, используемых в качестве родительских форм при гибридизации. Для получения линий сои, ориентированных на северные области Казахстана, из рабочей коллекции подобраны сорта и линии по таким важным признакам, как скороспелость и высокая продуктивность. С целью идентификации родительских форм сои по аллельной вариации генов чувствительности к фотопериоду *E1, E3, E7* проведен ПЦР-анализ. С использованием маркеров *Satt 557* и *Satt 365* к гену *E1* зафиксирована амплификация двух фрагментов, которые были идентифицированы как А и В аллели согласно Molnar S. et al., 2003 [19]. В результате ДНК-идентификации 22 сортов и линий, используемых в качестве родительских форм, выделены 11 (234, 470, 583583, Бірлік КВ, Устя, Хорол, Ясельда, Припять, Тоугу, Малета), несущие рецессивную аллель *e1* (см. табл. 2).

Идентификация аллельной вариации гена *E3* родительских форм позволила выделить 2 образца с ценной рецессивной аллелью *e3* (сорта Рана и Малета) (см. табл. 2, рис. 1).

В эксперименте по определению аллельной вариации гена *E7* амплифицированы три фрагмента, которые были идентифицированы как А, В и С согласно Rosenzweig et al. [20]. Аллелям *E7* и *e7* соответствуют обозначения А и В. Также был обнаружен неизвестный аллель с фрагментом 154 п.н., соответствующий С, в локусе *Satt 100*. На основании идентификации выделены 11 образцов (234, 470, 583583, Бірлік КВ, Устя, Хорол, Ясельда, Припять, Тоугу, Малета, Jhony), несущих рецессивную аллель *e7* нечувствительности

к фотопериоду (см. табл. 2). Таким образом, из подобранных 22 родительских форм сои выделено 10, несущих две рецессивные аллели *e1e7*, и сорт Малета, несущий все три рецессивные аллели *e1e3e7*.

Маркер-ассоциированный отбор по генам E1, E3, E7 в гибридных популяциях сои, полученных в результате целенаправленных скрещиваний. Идентификация аллельной вариации гена E1. На основании ПЦР-анализа 335 индивидуальных растений 67 гибридных популяций идентифицированы 126 растений (37,6%) – носителей ценной рецессивной аллели *e1*. Они выявлены из следующих гибридных популяций поколений F_3 – F_4 : Бірлік КВ (*e1*) × Память ЮКГ (*E1*), Бірлік КВ (*e1*) × Тоугу (*e1*), Бірлік КВ (*e1*) × Соер 345 (*E1*) (см. рис. 2), Ласточка (*E1*) × 234 (*e1*), Зара (*E1*) × Хорол (*e1*), Бірлік КВ (*e1*) × Припять (*e1*), Бірлік КВ (*e1*) × Gignon 5 (*E1*), Бірлік КВ (*e1*) × Hilario (*E1*), Зара (*E1*) × Малета (*e1*), Зара (*E1*) × Соер 5 (*E1*), Зара (*E1*) × Major (*e1*) (см. табл. 3). Наибольший процент отобранных растений с рецессивной аллелью *e1* отмечен по комбинациям: Бірлік КВ (*e1*) × Hilario (*E1*) (80%) и Бірлік КВ (*e1*) × Память ЮКГ (*E1*) (77%). По таким гибридным комбинациям, как Зара × Хорол, Бірлік КВ × Тоугу, Бірлік КВ × Припять, где обе родительские формы являются носителями рецессивной аллели *e1*, зафиксирована 100%-я встречаемость искомой аллели *e1* из числа изученных растений (см. табл. 3).

Идентификация аллельной вариации гена E3. На основании ПЦР-анализа 335 индивидуальных растений 67 гибридных популяций (по 5 индивидуальных растений) выделено и отобрано 23 растения (6,9%) с ценной аллелью *e3*, полученных от комбинаций скрещивания Зара × Малета (1, 2, 3 (см. рис. 3), 7, 10, 12, 15) и Бірлік × Рана (П-1). Из 23 отобранных растений гибридных популяций Зара × Малета выделены 22 образца (95,7%).

Идентификация гена E7. Проведенный ПЦР-анализ по идентификации аллельной вариации гена *E7* у 335 индивидуальных растений 67 гибридных популяций позволил выделить 135 отдельных растений (40,3%),

Табл. 2. Результаты идентификации генов чувствительности к фотопериоду (*E1*, *E7*, *E3*) у образцов сои, используемых в качестве родительских форм при гибридизации

Table 2. Results of identification of photoperiod sensitivity genes (*E1*, *E7*, *E3*) in soybean samples used as parental forms in hybridization

Образец	Происхождение	Группа спелости	Родительская форма	<i>Satt</i> 557	<i>Satt</i> 365	Ал- лель гена <i>E1</i>	<i>Satt</i> 229	Ал- лель гена <i>E3</i>	<i>Satt</i> 100	<i>Satt</i> 319	Ал- лель гена <i>E7</i>
<i>Линии-контроли</i>											
Narosoy OT89-5 <i>E7</i>	Япония	00	–	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>B</i>	<i>e3</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E7</i>
Narosoy OT 94-47	Япония	00	–	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>B</i>	<i>e3</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e7</i>
Narosoy	Япония	0	–	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E7</i>
Maple Amber	Канада	000	–	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>B</i>	<i>e3</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e7</i>
Ласточка	Казахстан	III	♀	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E7</i>
<i>Родительские формы</i>											
470	Неизвестно	00	♂	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>C</i>	–	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e7</i>
583583	Неизвестно	00	♂	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>C</i>	–	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e7</i>
Бірлік KB	Казахстан	00	♀	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e7</i>
Зара	Казахстан	I	♀	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E7</i>
Соер 3	Россия	00	♂	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E1</i>	<i>C</i>	–	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E7</i>
Соер 5	Россия	0	♂	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E7</i>
Соер 345	Россия	0	♂	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E1</i>	<i>C</i>	–	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E7</i>
Бара	Россия	000	♂	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>E7</i>
Малета	Россия	000	♂	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>B</i>	<i>e3</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e7</i>
234	Россия	000	♂	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>C</i>	–	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e7</i>
Устя	Украина	00	♂	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e7</i>
Хорол	Канада – Украина	0	♂	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e7</i>
Ясельда	Беларусь	00	♂	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e7</i>
Припять	Беларусь	00	♂	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e7</i>
Toury	Чехия	0	♂	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e7</i>
Rana	Чехия	00	♂	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E1</i>	<i>B</i>	<i>e3</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>E7</i>
Hilario	Италия	III	♂	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E7</i>
Jhony	Неизвестно	00	♂	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e7</i>
Major	Франция	0	♂	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>e1</i>	<i>C</i>	–	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E7</i>
Gignon 5	Франция	I	♂	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E7</i>
Память ЮГК	Казахстан	I	♂	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E1</i>	<i>A</i>	<i>E3</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>E7</i>

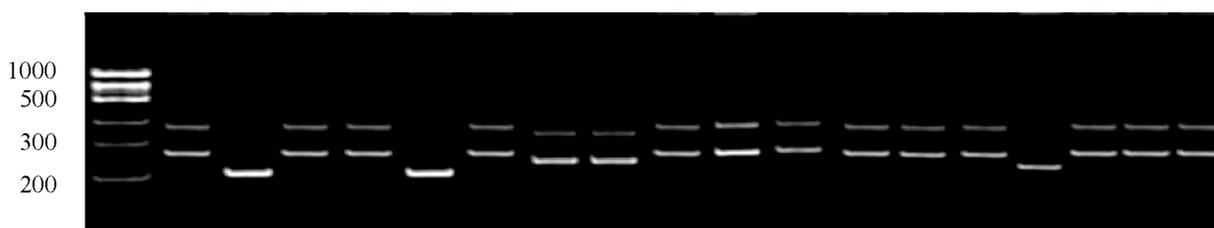


Рис. 1. Результаты ПЦР по идентификации аллельной вариации гена *E3* у сортов и линий сои, используемых в качестве родительских форм с использованием маркера *Satt* 229

M – маркер *Step* 100, *E3* – Narosoy (*E3*), *e3* – Narosoy OT94-47 (*e3*), 1 – Зара, 2 – Бірлік KB, 3 – Rana, 4 – Припять, 5 – Toury, 6 – Соер 345, 7 – Hilario, 8 – Бара, 9 – Jhony, 10 – Соер 5, 11 – Major, 12 – Соер 3, 13 – Малета, 14 – Устя, 15 – Gignon 5, 16 – Память ЮГК

Fig. 1. PCR results for the identification of the allelic variation of the *E3* gene in soybean varieties and lines used as parental forms using the marker *Satt* 229

M - *Step* 100 marker, *E3* - Narosoy (*E3*), *e3* - Narosoy OT94-47 (*e3*), 1 - Zara, 2 - Birlik KV, 3 - Rana, 4 - Pripyat, 5 - Toury, 6 - Soer 345, 7 - Hilario, 8 - Bara, 9 - Jhony, 10 - Soer 5, 11 - Major, 12 - Soer 3, 13 - Maleta, 14 - Ustyа, 15 - Gignon 5, 16 - Memory YuGK

Табл. 3. Результаты ДНК-идентификации гибридных популяций сои
Table 3. Results of DNA identification of hybrid soybean populations

Наименование комбинации скрещивания	Полколение	Число изученных гибридных популяций, шт.	Число анализированных растений, шт.	Наличие рецессивной аллели <i>e1</i>		Наличие рецессивной аллели <i>e3</i>		Количество отобранных растений, шт. (%)
				Наименование гибридных популяций, в которых были отобраны носители аллели <i>e1</i>	Количество отобранных растений, шт. (%)	Наименование гибридных популяций, в которых были отобраны носители аллели <i>e1</i>	Количество отобранных растений, шт. (%)	
Ласточка × 234	F ₃	3	15	ЛТ44/11, ЛТ44/12	10 (66,7%)	–	ЛТ44/11, ЛТ44/12	10 (66,7%)
Зара × Ясельда	F ₃	1	5	–	–	–	–	–
Зара × Хорол	F ₃	2	10	Н 10/1, Н 10/2	10 (100%)	–	Н 10/1, Н 10/2	7 (70%)
Зара × 234	F ₃	2	10	–	–	–	–	–
Бірлік ҚВ × Память ЮКГ	F ₃	6	30	М 15/2, М 15/3, М 15/4, М 15/5, М 20	23 (77%)	–	М 15/2, М 15/3, М 15/4, М 15/5, М 20	22 (73%)
Зара × 583583	F ₃	4	20	Л11/1	2 (10%)	–	–	–
Зара × Устя	F ₃	5	25	Л4/34	1 (4%)	–	Л4/34	4 (16%)
Зара × 470	F ₃	11	55	–	–	–	Л11/4	5 (9%)
Бірлік ҚВ × Рапа	F ₃	1	5	П-1	3 (60%)	1 (20%)	П-1	3 (60%)
Бірлік × Припяць	F ₃	1	5	П-2	5 (100%)	–	П-2	5 (100%)
Бірлік × Gignon	F ₄	1	5	П-3	2 (40%)	–	П-3	1 (20%)
Бірлік ҚВ × Память ЮКГ	F ₄	1	5	П-5	4 (80%)	–	П-5	4 (80%)
Бірлік × Tougu	F ₃	1	5	П-6	5 (100%)	–	П-6	5 (100%)
Бірлік × Соер345	F ₃	1	5	П-9	1 (20%)	–	П-9	1 (20%)
Бірлік × Hilario	F ₃	1	5	П-10	4 (80%)	–	П-10	4 (80%)
Зара × Бара	F ₃	1	5	–	–	–	П-12	4 (80%)
Зара × Jhony	F ₃	1	5	–	–	–	П-13	4 (80%)
Зара × Major	F ₂	1	5	П-14	3 (60%)	–	–	–
Зара × Hilario	F ₂	1	5	–	–	–	П-14	1 (20%)
Зара × Соер3	F ₃	1	5	–	–	–	–	–
Зара × Малета	F ₃	16	80	П-19, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 15	42 (52,5%)	1, 2, 3, 7, 10, 12, 15	П-19, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 15	42 (53%)
Зара × Устя	F ₃	1	5	–	–	–	П-20	1 (20%)
Зара × Соер 5	F ₃	4	20	1, 2, 4	11 (55%)	–	1, 2, 4	13 (65%)
Итого:		67	335		126 (37,6%)	23 (6,9%)		135 (40,6%)

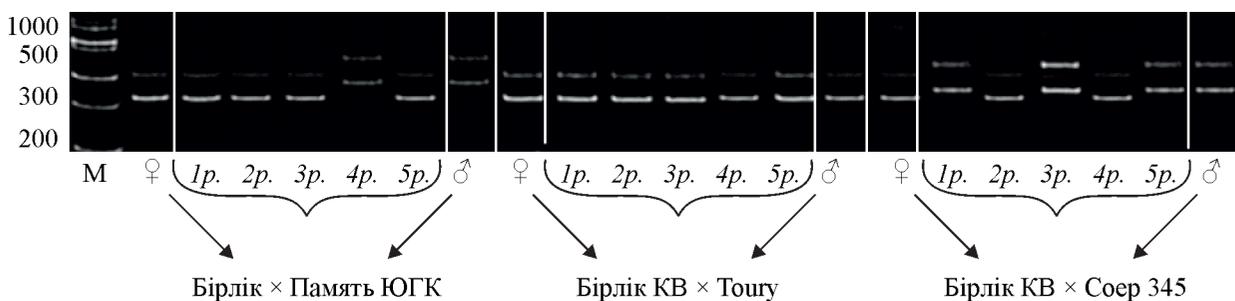


Рис. 2. Результаты ПЦР по идентификации аллельной вариации гена *E1* в гибридных популяциях сои с использованием маркера *Satt 365*

Fig. 2. PCR results for identification of the allelic variation of the *E1* gene in hybrid soybean populations using the *Satt 365* marker

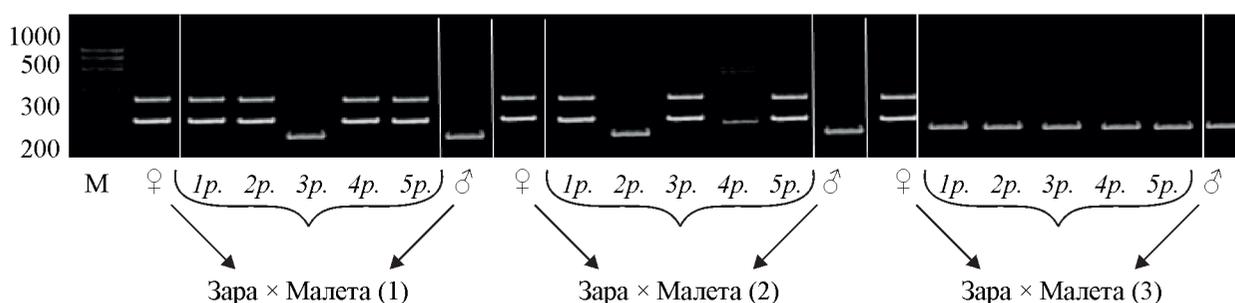


Рис. 3. Результаты ПЦР по идентификации аллельной вариации гена *E3* в гибридных комбинациях Зара × Малета с использованием маркера *Satt 229*

Fig. 3. Results of PCR for identification of the allelic variation of the *E3* gene in hybrid combinations of Zара × Maleta using the *Satt 229* marker

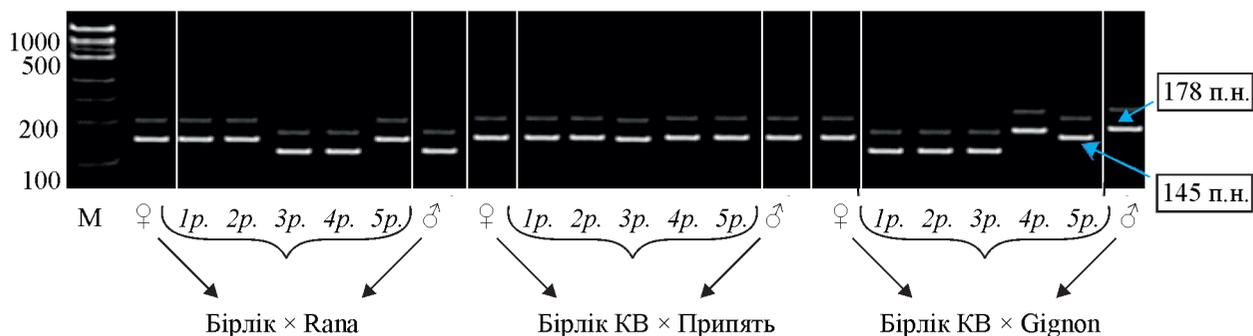


Рис. 4. Результаты ПЦР по идентификации аллельной вариации гена *E7* в гибридных популяциях с использованием маркера *Satt 100* (178 п.н. аллель *E7*, 145 п.н. аллель *e7*)

Fig. 4. PCR results for the identification of the allelic variation of the *E7* gene in hybrid populations using the *Satt 100* marker (178 bp *E7* allele, 145 bp *e7* allele)

несущих рецессивную аллель *e7* из следующих гибридных комбинаций: Бірлік × Rana (П-1), Бірлік × Припять (П-2), Бірлік × Gignon 5 (П-3) (см. рис. 4), Бірлік × Hilario (П-10), Бірлік × Toury (П-6), Бірлік × Память ЮГК (П-5, М 15/2, М 15/3, М 15/4, М 15/5, М 20), Зара × Хорол (Н10/1, Н10-2), Зара × Устя (Л4/34), Зара × 470 (Л11/4), Зара × Бара

(П-12), Зара × Jhony (П-13), Зара × Малета (П-19, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 15), Ласточка × 234 (ЛТ44/11, ЛТ44/12). Наибольший процент (80%) отобранных растений с рецессивной аллелью *e7* отмечен по комбинациям: Бірлік КВ (*e7*) × Память ЮГК (*E7*), Бірлік (*e7*) × Hilario (*E7*), Зара (*E7*) × Устя (*e7*), Зара (*E7*) × 470 (*e7*).

По итогам исследований, из 355 изученных растений выделено 7, имеющих в генотипе все три ценные рецессивные аллели *ele3e7* в гомозиготном состоянии. Испытание данных образцов будет продолжено в целях получения константных фотопериодически нейтральных линий для северных регионов Республики Казахстан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Идентифицирована аллельная вариация генов *E1*, *E3*, *E7* у 22 родительских форм сои, используемых в создании скороспелых линий для северных регионов Республики Казахстан. Выделено 10 форм, несущих две рецессивные аллели *ele7*, и сорт Малета, несущий все три рецессивные аллели *ele3e7*.

По итогам изучения 355 растений из 67 гибридных популяций (F_2 – F_4), на основании маркер-ассоциированного отбора из комбинаций Зара × Малета (1, 2, 7, 15) и Бірлік × Рана (П-1) выделено 9 растений, несущих комплекс ценных рецессивных аллелей *ele3e7*. Идентифицировано 107 растений, несущих ценные рецессивные аллели *ele7*, из комбинаций: Зара × Малета (1, 9, 7, 13), Бірлік × Ниларіо (П-10), Бірлік × Тору (П-6), Бірлік × Память ЮГК (П-5, М15/2, М15/3, М15/4 и М20), Бірлік × Припять (П-2), Ласточка × 234 (ЛТ44/11, ЛТ44/12). Данные образцы рекомендуем для испытания в северных регионах Республики Казахстан как слабочувствительные к фотопериоду линии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhang S.R., Wang H., Wang Z., Ren Y., Niu L., Liu J., Liu B. Photoperiodism dynamics during the domestication and improvement of soybean // *Science China Life Sciences*. 2017. Vol. 60. P. 1416–1427. DOI: 10.1007/s11427-016-9154-x.
2. Сеферова И.В., Мисюрин Т.В., Никшикина М.А. Эколого-географическая оценка биологического потенциала скороспелых сортов и осевление сои // *Сельскохозяйственная биология*. 2007. № 5. С. 42–47.
3. Lin X., Liu B., Weller L., Abe J., Kong F. Molecular mechanisms for the photoperiodic regulation of flowering in soybean // *Journal of Integrative Plant Biology*. 2020. Vol. 63. Is. 6. pp. 981–994. DOI: 10.1111/jipb.13021.
4. Yang W.Y., Wu T.T., Zhang X.Y., Song W.W., Xu C.L., Sun S., Hou W.S., Jiang B.J., Han T.F., Wu C.X. Critical photoperiod measurement of soybean varieties in different maturity groups // *Crop Science*. 2019. Vol. 59. DOI: 10.2135/cropsci2019.03.0170.
5. Zhang L.X., Liu W., Tsegaw M., Xu X., Qi Y., Enoch S., Liu L., Wu T., Sun Sh., Han T. Principles and practices of the photo-thermal adaptability improvement in soybean // *Journal of integrative agriculture*. 2020. Vol. 19. N. 2. P. 295–310. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62850-9.
6. Синеговская В.Т., Левина А.Н. Влияние продолжительности светового дня на рост, развитие и продуктивность сои // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2020. № 2 (54). С. 47–55. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-12021.
7. Abugaliyeva S., Didorenko S., Anuarbek S., Volkova L., Gerasimova Y., Sidorik I., Turuspekov Y. Assessment of soybean flowering and seed maturation time in different latitude regions of Kazakhstan // *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11. DOI: 10.1371/journal.pone.0166894.
8. Сеферова И.В., Вишнякова М.А. Генотип сои из коллекции ВИР для продвижения агрономического ареала культуры к северу // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018. № 3. С. 41–47.
9. Давыденко О.Г., Жмурко В.В., Голоенко Д.В., Розенцвейг В.Е., Шаблинская О.В. Изучение фотопериодизма раннеспелых сортов сои // *Селекция і насінництво*. 2004. Т. 88. С. 151–162.
10. Wang F., Nan H., Chen L., Fang Ch., Zhang H., Su T., Li Sh., Cheng Q., Dong L., Liu B., Kong F., Lu S. A new dominant locus, E11, controls early flowering time and maturity in soybean // *Molecular Breeding*. 2019. Vol. 39, N 70. DOI: 10.1007/s11032-019-0978-3.
11. Cober E.R., Voldeng H.D. A new soybean maturity and photoperiod-sensitivity locus linked to E1 and T // *Crop Science*. 2001. Vol. 41. P. 698–701. DOI: 10.2135/cropsci2001.413698.
12. Jiang B., Nan H., Gao Y., Tang L., Yue Y., Lu S., Ma L., Cao D., Sun S., Wang J., Wu C., Yuan X., Hou W., Kong F., Han T., Liu B. Allelic combinations of soybean maturity loci E1, E2, E3 and E4 result in diversity of maturity and adaptation to different latitudes // *PLoS ONE*, 2014. Vol. 9(8). DOI: 10.1371/journal.pone.0106042.
13. Xia Z., Watanabe S., Yamada T., Tsubokura Y., Nakashima H., Zhai H. Positional cloning and characterization reveal the molecular basis

- for soybean maturity locus E1 that regulates photoperiodic flowering // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2012. Vol. 109, N 32. P. 2155–2164. DOI:10.1073/pnas.1117982109.
14. Tsubokura Y., Watanabe S., Xia Z., Kanamori H., Yamagata H., Kaga A., Katayose Y., Abe J., Ishimoto M., Harada K. Natural variation in the genes responsible for maturity loci E1, E2, E3 and E4 in soybean // *Annals of Botany*. 2014. Vol. 113. P. 429–441. DOI: 10.1093/aob/mct269.
 15. Zhou Z., Jiang Y., Wang Z., Gou Z., Lyu J., Li W., Yu Y., Shu L., Zhao Y., Ma Y., Fang C., Shen Y., Liu T., Li C., Li Q., Wu M., Wang M., Wu Y., Dong Y., Wan W., Wang X., Ding Z., Gao Y., Xiang H., Zhu B., Lee S.H., Wang W., Tian Z. Resequencing 302 wild and cultivated accessions identifies genes related to domestication and improvement in soybean // *Nature Biotechnology*. 2015. Vol. 33. P. 408–414. DOI:10.1038/nbt.3096.
 16. Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Самсонова М.Г. Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52, № 5. С 905–916. DOI: 10.15389/agrobiol.2017.5.905eng.
 17. Дидоренко С.В., Спрягайлова Ю.Н., Аbugалиева А.И. Селекция скороспелых сортов сои на востоке Казахстана // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018. Т. 179, № 1. С. 63–77 DOI: 10.30901/2227-8834-2018-1-63-77.
 18. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // *Nucleic Acids Res.* 1980. Vol. 8. P. 4321–4325. DOI: 10.1093/nar/8.19.4321.
 19. Molnar S.J., Rai S., Charette M., Cober E.R. Simple sequence repeat (SSR) markers linked to E1, E3, E4, and E7 maturity genes in soybean // *Genome*. 2003. Vol. 46. N 6. P. 1024–1036. DOI: 10.1139/g03-079.
 20. Rosenzweig V.E., Aksyonova E.A., Milash S.B., Goloenko D.V., Davydenko O.G. Prospects of exploiting of photoperiod sensitivity gene E7 in early soybean breeding and revealing of its sources with SSR-markers // *Soybean Genetics Newsletter*. 2008. Vol. 35.
 2. Seferova I.V., Misyurina T.V., Nikishkina M.A. Ecological and geographical assessment of the biological potential of early ripening varieties and soybean northerning. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2007, no. 5, pp. 42–47. (In Russian).
 3. Lin X., Liu B., Weller L., Abe J., Kong F. Molecular mechanisms for the photoperiodic regulation of flowering in soybean. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2020, vol. 63, is. 6, pp. 981–994. DOI: 10.1111/jipb.13021.
 4. Yang W.Y., Wu T.T., Zhang X.Y., Song W.W., Xu C.L., Sun S., Hou W.S., Jiang B.J., Han T.F., Wu C.X. Critical photoperiod measurement of soybean varieties in different maturity groups. *Crop Science*, 2019, vol. 59. DOI:10.2135/cropsci2019.03.0170.
 5. Zhang L.X., Liu W., Tsegaw M., Xu X., Qi Y., Enoch S., Liu L., Wu T., Sun Sh., Han T. Principles and practices of the photo-thermal adaptability improvement in soybean. *Journal of integrative agriculture*, 2020, vol. 19, no. 2, pp. 295–310. DOI: 10.1016/S2095-3119(19)62850-9.
 6. Sinegovskaya V.T., Levina A.N. Influence of daylight hours on the growth, development and productivity of soybean. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik = Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2020, no. 2 (54), pp. 47–55. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-12021.
 7. Abugaliev S., Didorenko S., Anuarbek S., Volkova L., Gerasimova Y., Sidorik I., Turuspekov Y. Assessment of soybean flowering and seed maturation time in different latitude regions of Kazakhstan. *PLoS ONE*, 2016, vol. 11. DOI: 10.1371/journal.pone.0166894.
 8. Seferova I.V., Vishnyakova M.A. Soybean gene pool from the VIR collection for the promotion of the agronomic area of culture to the north. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and groat crops*, 2018, no. 3, pp. 41–47. (In Russian).
 9. Davydenko O.G., Zhmurko V.V., Goloenko D.V., Rozentsveig V.E., Shablinskaya O.V. The study of photoperiodism of early ripening soybean varieties. *Seleksiya i nasinnitstvo = Breeding*, 2004, vol. 88. pp. 151–162. (In Russian).
 10. Wang F., Nan H., Chen L., Fang Ch., Zhang H., Su T., Li Sh., Cheng Q., Dong L., Liu B., Kong F., Lu S. A new dominant locus, E11, controls early flowering time and maturity in soybean. *Molecular Breeding*, 2019, vol. 39, no. 70. DOI: 10.1007/s11032-019-0978-3.
 11. Cober E.R., Voldeng H.D. A new soybean maturity and photoperiod-sensitivity locus linked to E1 and T. *Crop Science* 2001, vol. 41, pp. 698–701. DOI: 10.2135/cropsci2001.413698.
 12. Jiang B., Nan H., Gao Y., Tang L., Yue Y., Lu S., Ma L., Cao D., Sun S., Wang J., Wu C., Yuan X.,

REFERENCES

1. Zhang S.R., Wang H., Wang Z., Ren Y., Niu L., Liu J., Liu B. Photoperiodism dynamics during the domestication and improvement of soybean. *Science China Life Sciences*, 2017, vol. 60, pp. 1416–1427. DOI: 10.1007/s11427-016-9154-x.

- Hou W., Kong F., Han T., Liu B. Allelic combinations of soybean maturity loci E1, E2, E3 and E4 result in diversity of maturity and adaptation to different latitudes. *PLoS ONE*, 2014, vol. 9, no. 8. DOI: 10.1371/journal.pone.0106042.
13. Xia Z., Watanabe S., Yamada T., Tsubokura Y., Nakashima H., Zhai H. Positional cloning and characterization reveal the molecular basis for soybean maturity locus E1 that regulates photoperiodic flowering. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012, vol. 109, no. 32. pp. 2155–2164. DOI:10.1073/pnas.1117982109.
 14. Tsubokura Y., Watanabe S., Xia Z., Kanamori H., Yamagata H., Kaga A., Katayose Y., Abe J., Ishimoto M., Harada K. Natural variation in the genes responsible for maturity loci E1, E2, E3 and E4 in soybean. *Annals of Botany*, 2014, vol. 113, pp. 429–441. DOI: 10.1093/aob/mct269.
 15. Zhou Z., Jiang Y., Wang Z., Gou Z., Lyu J., Li W., Yu Y., Shu L., Zhao Y., Ma Y., Fang C., Shen Y., Liu T., Li C., Li Q., Wu M., Wang M., Wu Y., Dong Y., Wan W., Wang X., Ding Z., Gao Y., Xiang H., Zhu B., Lee S.H., Wang W., Tian Z. Resequencing 302 wild and cultivated accessions identifies genes related to domestication and improvement in soybean. *Nature Biotechnology*, 2015, vol. 33, pp. 408–414. DOI: 10.1038/nbt.3096.
 16. Vishnyakova M.A., Seferova I.V., Samsonova M.G. Genetic sources required for soybean breeding in the context of new biotechnologies, *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2017, vol. 52, no. 5, pp. 905–916. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiol.2017.5.905eng.
 17. Didorenko S.V., Spryagalova Yu.N., Abugaliev A.I. Breeding of early maturing soybean varieties in east Kazakhstan. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii = Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, – 2018, vol. 179, no. 1, pp. 63–77. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2018-1-63-77.
 18. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic Acids Res*, 1980, vol. 8, pp. 4321–4325. DOI: 10.1093/nar/8.19.4321.
 19. Molnar S.J., Rai S., Charette M., Cober E.R. Simple sequence repeat (SSR) markers linked to E1, E3, E4, and E7 maturity genes in soybean *Genome*, 2003, vol. 46, no. 6, pp. 1024–1036. DOI: 10.1139/g03-079.
 20. Rosenzweig V.E., Aksyonova E.A., Milash S.B., Goloenko D.V., Davydenko O.G. Prospects of exploiting of photoperiod sensitivity gene E7 in early soybean breeding and revealing of its sources with SSR-markers. *Soybean Genetics Newsletter*, 2008, vol. 35.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Ержебаева Р.С.**, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией; **адрес для переписки:** Республика Казахстан, 040909, Алматинская область, Карасайский район, пос. Алматыбак, ул. Ерлепесова, 1; e-mail: raushan_2008@mail.ru

Бабиссекова Д.И., магистр, научный сотрудник
Дидоренко С.В., кандидат биологических наук, профессор, заведующий лабораторией

AUTHOR INFORMATION

✉ **Raushan S. Yerzhebayeva**, Candidate of Science in Biology, Laboratory Head; **address:** 1, Erlepesova St., Almalybak, Karasaisky District, Almaty Region, 040909, Republic of Kazakhstan; e-mail: raushan_2008@mail.ru

Dilyara I. Babissekova, Master, Researcher
Svetlana V. Didorenko, Candidate of Science in Biology, Professor, Laboratory Head

Дата поступления статьи / Received by the editors 05.05.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 24.06.2022
Дата публикации / Published 25.11.2022

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 сельскохозяйственной науки	4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
Краткие сообщения	4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных
Из диссертационных работ	4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства 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@sfcsa.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 *сноске* 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 СНОСК

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-bst>) = 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@sfscs.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 5 (288)

DOI: 10.26898



2022

September – October

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



www.sibvest.elpub.ru

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

