

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, № 4 (287)

DOI: 10.26898



2022

июль – август

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

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

Редакционная коллегия:

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



www.sibvest.elpub.ru

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

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

Вышел в свет 26.09.2022. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 18,0.

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

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агrobiотехнологий Российской академии наук

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

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2022



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

*ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
И ХИМИЗАЦИЯ*

*AGRICULTURE
AND CHEMICALIZATION*

Дридигер В.К., Гаджиумаров Р.Г., Джандаров А.Н., Котляров Д.В. Влияние технологии No-till на содержание супрессивной и патогенной микрофлоры в почве

5 Dridiger V.K., Gadzhiumarov R.G., Dzhandarov A.N., Kotlyarov D.V. The effect of No-till technology on the content of suppressive and pathogenic microflora in the soil

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

Прахова Т.Я., Таишев Н.Р. Приемы повышения продуктивности горчицы белой в условиях Среднего Поволжья

13 Prakhova T.Ya., Taishev N.R. Methods of increasing the productivity of white mustard in the conditions of the Middle Volga Region

Соколова Л.М. Селекционно-иммунологические схемы в агроценозах моркови столовой

21 Sokolova L.M. Selection and immunological schemes in agrocenoses of table carrots

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

Андреева И.В., Шаталова Е.И., Ульянова Е.Г., Ходакова А.В., Агриколянская Н.И., Голохваст К.С. Техническая энтомология: история, современное состояние и перспективы развития

32 Andreeva I.V., Shatalova E.I., Ulianova E.G., Khodakova A.V., Agrikolyanskaya N.I., Golokhvast K.S. Technical entomology: history, current state and prospects of development

Пимохова Л.И., Яговенко Г.Л., Царапнева Ж.В., Хараборкина Н.И., Мисникова Н.В. Фунгициды для защиты люпина узколистного от антракноза и других болезней

48 Pimokhova L.I., Yagovenko G.L., Tsarapneva Zh.V., Kharaborkina N.I., Misnikova N.V. Fungicides to protect narrow-leaved lupine against anthracnose and other diseases

*ЗООТЕХНИКА
И ВЕТЕРИНАРИЯ*

*ZOOTECHNICS
AND VETERINARY MEDICINE*

Ионина С.В., Донченко Н.А., Смолянинов Ю.И., Донченко А.С. Мониторинг и характеристика культур *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*, выделенных на территории Западной Сибири

58 Ionina S.V., Donchenko N.A., Smolyaninov Y.I., Donchenko A.S. Monitoring and characterization of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* cultures isolated on the territory of Western Siberia

Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А. Влияние разного уровня кормления на продуктивность бычков черно-пестрой породы

67 Shevkhuzhev A.F., Pogodaev V.A. Influence of different levels of feeding on the productivity of Black-and-White bull calves

Синицын В.А., Брем А.К., Волков Д.В. Профилактика технологического и кормового стресса поросят с использованием кормовой добавки цеодо

77 Sinitsyn V.A., Brem A.K., Volkov D.V. Prevention of technological and feed stress in pigs with zeodo feed additive

Гукежев В.М., Хуранов А.М. Племенная ценность коров – методы учета и оценки

83 Gukezhev V.M., Khuranov A.M. Breeding value of cows - methods of recording and evaluation

Лыков А.С., Кузьмина И.Ю. Рост и развитие бычков, полученных разными методами разведения

90 Lykov A.S., Kuzmina I.Yu. Growth and development of young bulls obtained by different breeding methods

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

FODDER PRODUCTION

Садохина Т.А. Влияние эндофитных грибов на рост и развитие кормовых бобов (*Vicia faba* L.)

97 Sadokhina T.A. Effect of endophytic fungi on the growth and development of fodder beans (*Vicia faba* L.)

*МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ*

*MECHANISATION, AUTOMATION,
MODELLING AND DATAWARE*

**Альт В.В., Елкин О.В., Исакова С.П., 107
Савченко О.Ф.** Автоматизированный
выбор агротехнологий и тракторного
парка сельхозпредприятия: структура и
алгоритмы web-приложения

**Alt V.V., Elkin O.V., Isakova S.P., Savchen-
ko O.F.** Automated selection of agricul-
tural technologies and tractor fleet of an
agricultural enterprise: web-application
structure and algorithms

**Беляев А.Н., Шацкий В.П., Гулев- 120
ский В.А., Тришина Т.В.** Оценка бо-
кового отклонения колесной машины
от заданной траектории движения

**Belyaev A.N., Shatsky V.P., Gulevsky V.A.,
Trishina T.V.** Evaluation of the lateral
deviation of a wheeled vehicle from a
given trajectory

ИЗ ДИССЕРТАЦИОННЫХ РАБОТ

FROM DISSERTATIONS

Попов А.А. Разработка комбинирован- 129
ной вакцины против ринопневмонии и
мыта лошадей

Popov A.A. Development of a combined
vaccine against rhinopneumonia and
strangles of horses

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

IN COMMEMORATION OF SCIENTIST

**Борис Иванович Герасенков
(к 100-летию со дня рождения)**

**135 Boris Ivanovich Gerasenkov
(on the occasion of the 100-th
anniversary)**



ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL НА СОДЕРЖАНИЕ СУПРЕССИВНОЙ И ПАТОГЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ В ПОЧВЕ

(✉) Дридигер В.К.¹, Гаджиумаров Р.Г.¹, Джандаров А.Н.¹, Котляров Д.В.²

¹Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр

Ставропольский край, г. Михайловск, Россия

²ООО МИП «Кубанские агротехнологии»

Краснодар, Россия

(✉) e-mail: Dridiger.victor@gmail.com

Представлены результаты исследований в длительном (2012–2021 гг.) стационарном опыте по формированию почвенной биоты при возделывании сельскохозяйственных культур по технологии No-till в сравнении с традиционной технологией в Ставропольском крае. В эксперименте использованы одинаковые сорта и гибриды, дозы минеральных удобрений, сроки посева, нормы высева семян, способы борьбы с сорняками и вредителями. Установлено, что постоянно находящиеся на поверхности почвы растительные остатки при технологии No-till способствуют большему размножению почвенной микрофлоры, которая сдерживает развитие патогенной микробиоты, чем при технологии с обработкой почвы. Поэтому в этой технологии после двух ротаций четырехпольного плодосменного полевого севооборота (соя – озимая пшеница – подсолнечник – кукуруза) в 1 г почвы содержалось 13 125 колониеобразующих единиц (КОЕ) патогенных микроскопических грибов родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium* и *Cephalosporium*. В рекомендованной технологии их разнообразие увеличилось до пяти (добавился род *Verticillium*) и количество возросло до 24 125 КОЕ/г. Сапрофитная микрофлора в рекомендованной технологии представлена двумя родами микромицетов (*Penicillium* и *Aspergillus*) численностью 48 250 КОЕ/г. В технологии No-till, кроме указанных, присутствовали грибы рода *Trichoderma* и их общая численность составила 56 750 КОЕ/г. В рекомендованной технологии количество сапрофитной микрофлоры зарегистрировано больше, чем патогенной, в 1,9 раза, в технологии No-till – в 4,3 раза. По этой причине в технологии No-till не отмечено увеличения заболеваемости возделываемых культур по сравнению с рекомендованной технологией, и урожайность в среднем за две ротации севооборота была выше в технологии No-till.

Ключевые слова: рекомендованная технология, технология No-till, растительные остатки, супрессивная микрофлора, патогенная микрофлора, корневые гнили, урожайность

THE EFFECT OF NO-TILL TECHNOLOGY ON THE CONTENT OF SUPPRESSIVE AND PATHOGENIC MICROFLORA IN THE SOIL

(✉) Dridiger V.K.¹, Gadzhumarov R.G.¹, Dzhandarov A.N.¹, Kotlyarov D.V.²

¹North Caucasus Federal Agrarian Research Centre

Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russia

²LLC Small innovative enterprise "Kuban Agrotechnologies"

Krasnodar, Russia

(✉) e-mail: Dridiger.victor@gmail.com

The paper presents the results of research in a long-term (2012–2021) stationary experiment on the formation of soil biota in the cultivation of crops by No-till technology compared with conventional technology in the Stavropol Territory. The same varieties and hybrids, doses of mineral fertilizers, sowing dates, seed rates, weed and pest control methods were used in the experiment. It was found

that plant residues that permanently remain on the soil surface in the No-till technology contribute to greater proliferation of soil microflora, which inhibits the development of pathogenic microbiota stronger than in the technologies with tillage. Therefore, after two rotations of the four-field crop rotation soybean-winter wheat-sunflower-corn, 13 125 colony-forming units (CFU) of pathogenic microscopic fungi of *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium* and *Cephalosporium* were found in 1 g of soil in this technology. In the recommended technology, their diversity increased to five (the genus *Verticillium* was added) and their number increased to 24,125 CFU/g. The saprophytic microflora in the recommended technology was represented by two genera of micromycetes *Penicillium* and *Aspergillus* with 48 250 CFU/g, while in the technology No-till, in addition to these fungi the fungi of the genus *Trichoderma* were present, and their total number was 56 750 CFU/g. That is, in the recommended technology, the quantity of saprophytic microflora was recorded 1.9 times, and in No-till technology 4.3 times higher than the pathogenic microflora. For this reason, the No-till technology did not increase the incidence of diseases of cultivated crops compared to the recommended technology, which had no significant impact on the yield, which on average for two rotations of crop rotation was higher in the No-till technology.

Keywords: recommended technology, No-till technology, plant residues, suppressive microflora, pathogenic microflora, root rot, yield

Для цитирования: Дридигер В.К., Гаджиумаров Р.Г., Джандаров А.Н., Котляров Д.В. Влияние технологии No-till на содержание супрессивной и патогенной микрофлоры в почве // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-1>

For citation: Dridiger V.K., Gadzhumarov R.G., Dzhandarov A.N., Kotlyarov D.V. The effect of No-till technology on the content of suppressive and pathogenic microflora in the soil. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Многими исследователями установлено, что при продолжительном возделывании сельскохозяйственных культур по технологии No-till наблюдается улучшение водно-физических [1, 2], химических свойств почвы и повышение ее плодородия [3, 4], что происходит благодаря наличию на поверхности растительных остатков возделываемых культур [5, 6].

Однако в растительных остатках создаются благоприятные условия для размножения микрофлоры, в том числе и патогенной, что, по мнению некоторых ученых, может вызывать существенное увеличение поражения растений болезнями и привести к снижению урожайности и экономической эффективности возделываемых по этой технологии культур [7].

Цель исследований – установить влияние технологии No-till на содержание в почве супрессивной и патогенной микрофлоры,

поражение возделываемых культур болезнями и их урожайность в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Полевые опыты проводили в Северо-Кавказском федеральном научном аграрном центре. Опытное поле института расположено в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Сумма эффективных температур здесь составляет 3306°, за год выпадает 558 мм осадков. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный средне-мощный слабогумусированный тяжелосуглинистый.

Исследования проводили в четырехпольном плодосменном полевом севообороте соя – озимая пшеница – подсолнечник – кукуруза, который был заложен в 2012 г. Все культуры севооборота в первом варианте возделывали по рекомендованной научными учреждениями технологии с обработкой

почвы (под озимую пшеницу – поверхностная, под остальные культуры – отвальная), во втором варианте – по технологии No-till.

Под все изучаемые в опыте культуры вносили рекомендованные научными учреждениями одинаковые по обеим технологиям дозы минеральных удобрений. Сроки посева, нормы высева семян, сорта и гибриды, а также способы борьбы с сорняками и вредителями во время вегетации возделываемых культур в обеих технологиях также были одинаковыми. Но в технологии No-till после уборки одной культуры и до посева следующей для уничтожения появившихся всходов сорняков деланки опрыскивали гербицидом сплошного действия из группы глифосатов (после уборки сои и до посева озимой пшеницы такую обработку не проводили).

В рекомендованной технологии посев всех культур проводили сеялками, производящими заделку семян в обработанную почву. В технологии No-till – сеялкой Gimetal, оборудованной гофрированными дисками (култер, турбодиск), прорезающими в необработанной почве узкую щель, в которую двухдисковыми сошниками на нужную глубину заделываются семена и удобрения. Никакие биологические или другие препараты, содержащие микрофлору или воздействующие на ее состав и количество, в течение всех лет исследований не применяли.

Во все годы исследований проводили учет количества растительных остатков на поверхности почвы после уборки одной и перед посевом следующей культуры севооборота. Учет урожая и математическую обработку полученных данных проводили общепринятыми в опытном деле методами.

По истечении второй ротации севооборота (осенью 2020 г.) были отобраны образцы почвы на глубине 0–20 см, в которых определяли количество супрессивной и патогенной микрофлоры. Микробиологический анализ проводили с использованием водно-почвенной суспензии, нанесенной на общепринятую селективную питательную среду Чапека. Культивирование микроорганизмов проводили в течение 7 сут при температуре 25 °С.

Погодные условия исследований имели свои особенности и отличались по годам. По количеству осадков более увлажненными были 2013, 2014, 2016 и 2017 гг., когда при среднемноголетнем годовом количестве осадков 558 мм выпало от 626 до 652 мм. В 2015 и 2018 гг. их количество было близким к среднемноголетним значениям (528 и 544 мм), засушливым отмечен 2019 г. (380 мм осадков) и острозасушливым – 2020 г. (307 мм).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во время уборки возделываемых в опыте культур вся надземная масса растений измельчалась и комбайном равномерно распределялась по всей ширине деланки. В среднем за две ротации севооборота (8 лет) в обеих технологиях ежегодно на поверхность почвы поступали растительные остатки – по рекомендованной технологии 4,60 т/га, по технологии No-till 5,22 т/га. Однако в рекомендованной технологии к посеву следующих культур севооборота в среднем их оставалось 0,12 т/га севооборотной площади, тогда как в технологии No-till к этому времени на поверхности почвы было 3,28 т растительной мульчи/га, что составляет 62,8% от их первоначального количества.

В первом случае очень маленькое количество растительных остатков на поверхности почвы связано с отвальной обработкой почвы под сою и пропашные культуры и поверхностной обработкой после уборки сои, часть растительных остатков которой (0,36–0,63 т/га), перемешанных с почвой, наблюдали перед посевом озимой пшеницы. В технологии No-till уменьшение количества растительной мульчи на поверхности почвы на 1,94 т/га, или 37,2%, за довольно короткий послеуборочный осенний и ранневесенний период до посева яровых культур обусловлено высокой численностью и активностью почвенной микробиоты, разлагающей растительные остатки, которые являются для них питательным субстратом.

В исследованиях Д.А. Никитина с коллегами [8], проведенных в нашем опыте, в конце первой ротации четырехпольного

севооборота количество видов почвенной микрофлоры в традиционной технологии было больше, чем в технологии No-till. Авторы объясняют это лучшей обеспеченностью кислородом отвально обработанной почвы. Но в обработанной почве больше патогенных видов микромицетов, тогда как в технологии No-till по обилию, численности и таксономическому разнообразию преобладают целлюлозолитические (представители родов *Chaetomium*, *Sarocladium*, *Trichoderma*, *Zygorhynchus*) и олиготрофные/сапротрофные (виды родов *Aspergillus*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Pseudogymnoascus*) микромицеты.

По данным исследователей, при более длительном применении технологии No-till биомасса микроорганизмов, общая микробная и ферментативная активность существенно больше, чем в технологиях с обработкой почвы [9, 10]. Увеличение численности и активности микробиоты в технологии No-till в свою очередь приводило к уменьшению количества патогенной микрофлоры [11]. Рост микроорганизмов в почве в технологии No-till исследователи объясняют постоянным наличием на поверхности почвы растительных остатков, которые являются для них питательным субстратом [12]. Наличие влаги в почве под слоем растительной

мульчи, не позволяющей проникать прямым солнечным лучам, и снижающей в жаркое время года температуру воздуха и почвы, создает благоприятные условия для размножения и развития супрессивной микрофлоры, подавляющей развитие патогенных микроорганизмов [13]. Этому способствует освоение в технологии No-till плодосменных севооборотов, обеспечивающих биологическое разнообразие растительных сообществ и, как следствие, такое же разнообразие почвенной микрофлоры [14].

В наших опытах после второй ротации четырехпольного севооборота патогенная микрофлора представлена пятью родами микроскопических грибов, которые, выделяя в почву токсические вещества, поражают в основном прикорневую и корневую системы растений и вызывают микотоксикоз почвы. Наиболее многочисленными были грибы рода *Fusarium* и *Alternaria*, которые найдены в почве под всеми культурами севооборота, возделываемыми по обеим технологиям. Однако их численность в рекомендованной технологии составила соответственно 14 000 и 6875 колониеобразующих единиц на 1 г почвы (КОЕ/г), в технологии No-till – 6125 и 4635 КОЕ/г, что достоверно меньше (на 7875 и 2240 КОЕ/г, или 56,2 и 32,6%) (см. табл. 1).

Табл. 1. Влияние технологии возделывания на содержание патогенной микробиоты в слое почвы 0–20 см после второй ротации четырехпольного севооборота, КОЕ/г

Table 1. Influence of cultivation technology on the content of pathogenic microbiota in the soil layer 0–20 cm after the second rotation of the four-field crop rotation, CFU/g

Технология	Культура	Род микромицета					Всего
		<i>Fusarium</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Verticillium</i>	<i>Cephalosporium</i>	
Рекомендованная	Горох	9000	6500	0	0	500	16 000
	Озимая пшеница	16 500	6000	0	2000	5500	29 000
	Подсолнечник	30 000	7000	3000	0	0	40 000
No-till	Кукуруза	500	8000	3000	0	0	11 500
	Горох	4500	5000	0	0	0	9500
	Озимая пшеница	4000	4500	4500	0	0	13 000
	Подсолнечник	13 000	5000	2000	0	0	20 000
	Кукуруза	3000	4000	1500	0	1500	10 000
НСР ₀₅ технологии		895	465	–	–	–	1517
НСР ₀₅ культуры		728	324	–	–	–	1248
НСР ₀₅ частных различий		1237	771	–	–	–	1835

Следует отметить, что повышенное содержание в почве грибов рода *Fusarium* и *Alternaria* несет высокие риски снижения продуктивности агроценозов, в том числе и по причине появления резистентных к фунгицидам штаммов [15, 16].

Из патогенных грибов также обнаружены *Cladosporium*, *Verticillium* и *Cephalosporium*, которых тоже было больше по рекомендованной технологии. В среднем по севообороту численность колониеобразующих единиц патогенных микромицетов на 1 г почвы по рекомендованной технологии составила 24 125, по технологии No-till – 13 125, или в 1,8 раза меньше. При этом суммарное содержание патогенных микроорганизмов под всеми культурами севооборота в рекомендованной технологии было достоверно больше, чем в технологии No-till.

Супрессивной (полезной) микрофлоры, представленной сапротрофными грибами родов *Penicillium*, *Aspergillus* и *Trichoderma*, больше было в технологии No-till – 56 750 КОЕ/г против 48 250 КОЕ/г в рекомендованной технологии. При этом под всеми культурами, кроме подсолнечника, разница в количестве сапрофитной микрофлоры было математически доказуемо больше в технологии No-till (см. табл. 2).

Наиболее многочисленным из всех микромицетов по обеим технологиям отмечен гриб рода *Penicillium*, которого в среднем по севообороту в рекомендованной технологии было 35 875 КОЕ/г, а в технологии No-till – 50 750 КОЕ/г, что на 14 875 КОЕ/г, или 41,5%, больше. Количество грибов *Penicillium* и *Aspergillus* под всеми культурами существенно больше в технологии No-till, а микромицет *Trichoderma* выделен только после гороха, возделываемого по этой же технологии.

В рекомендованной технологии количество сапрофитной микрофлоры было больше (в 1,9 раза), чем патогенной, а в технологии No-till – в 4,3 раза. Поэтому в технологии No-till в почве сложнее развиваться инфекционным патогенным микроорганизмам, так как супрессивные микромицеты в процессе жизнедеятельности синтезируют антибиотические вещества, оказывающие губительное воздействие на фитопатогенную микрофлору. Об этом свидетельствуют результаты наблюдений за развитием болезней возделываемых культур. В годы проведения опытов по обеим технологиям корневыми гнилями поражалось от 1,4 до 5,3% растений озимой пшеницы, что не оказывало существенного влияния на ее урожайность. В среднем за две ротации севооборота она

Табл. 2. Влияние технологии возделывания на содержание супрессивной микробиоты в слое почвы 0–20 см после второй ротации четырехпольного севооборота, КОЕ/г

Table 2. Influence of cultivation technology on the content of suppressive microbiota in the soil layer 0–20 cm after the second rotation of the four-field crop rotation, CFU/g

Технология	Культура	Род микромицета			Всего
		<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Trichoderma</i>	
Рекомендованная	Горох	29 500	6000	0	35 500
	Озимая пшеница	27 500	4000	0	31 500
	Подсолнечник	24 500	500	0	25 000
	Кукуруза	62 000	39 000	0	101 000
No-till	Горох	17 000	2500	500	20 000
	Озимая пшеница	52 500	1500	0	54 000
	Подсолнечник	22 500	3500	0	26 000
	Кукуруза	111 000	16 000	0	127 000
НСП ₀₅ технологии		3869	1090	–	4320
НСП ₀₅ культуры		3128	995	–	3880
НСП ₀₅ частных различий		4950	1495	–	5250

по рекомендованной технологии составила 4,24 т/га, по технологии No-till – 5,03 т/га, что достоверно больше на 0,79 т/га, или 18,6%. Такую закономерность наблюдали во все годы проведения опытов. Остальные культуры севооборота также поражались болезнями, особенно во влажные годы, но эпифитотии не превышали порог экономической вредоносности по обеим технологиям, и урожайность по технологии No-till не уступала таковой в рекомендованной технологии и даже ее превосходила. Сои по рекомендованной технологии получено 1,85 т/га, по технологии No-till – 1,89, подсолнечника соответственно 1,79 и 1,85, кукурузы – 3,48 и 3,83 т/га.

Аналогичные результаты наблюдали и в производственных условиях применения технологии No-till. В ООО «Урожайное» Ипатовского района Ставропольского края, возделывающего все культуры по технологии No-till с 2008 г., урожайность озимой пшеницы в среднем за 9 лет (2012–2020) составила 4,60 т/га. В четырех соседних стабильно работающих хозяйствах этого же района, осуществляющих производство продукции растениеводства по традиционным технологиям с обработкой почвы, она была 3,94–4,26 т/га. Урожайность подсолнечника в эти годы составила соответственно 2,55 и 1,47–1,61 т/га [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При возделывании сельскохозяйственных культур по технологии No-till постоянно находящиеся на поверхности почвы растительные остатки способствуют большему размножению почвенной микробиоты, которая сдерживает развитие патогенной микрофлоры, чем при рекомендованных технологиях с обработкой почвы. Поэтому количество патогенных микроскопических грибов в технологии No-till существенно меньше, а супрессивной микрофлоры больше, чем в обработанной почве, что сдерживает поражение растений болезнями и способствует получению более высокой урожайности возделываемых по этой технологии культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комиссаров М.А., Клик А. Влияние нулевой, минимальной и классической обработок на эрозию и свойства почв в Нижней Австрии // Почвоведение. 2020. № 4. С. 473–482. DOI: 10.31857/S0032180X20040073.
2. Турин Е.Н. Преимущества и недостатки системы земледелия прямого посева (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 2 (22). С. 150–168.
3. Есаулко А.Н., Коростылёв С.А., Сигида М.С., Голосной Е.В. Динамика показателей почвенного плодородия при возделывании сельскохозяйственных культур по технологии No-till в условиях Ставропольского края // Агрохимический вестник. 2018. № 4. С. 58–62.
4. Власенко А.Н., Кудашкин П.И., Власенко Н.Г. Влияние ресурсосберегающих технологий на содержание гумуса в черноземе выщелоченном северной лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2020. № 5. С. 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10501.
5. Поляков Д.Г., Бакиров Ф.Г. Органическая мульча и No-till в земледелии: обзор зарубежного опыта // Земледелие. 2020. № 1. С. 3–6. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10101.
6. Томашова О.Л., Ильин А.В., Веселова Л.С. Строение почвы под покровными культурами при технологии прямого посева в предгорно-степной зоне Крыма // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6. (80). С. 31–33.
7. Будынков Н.И., Михалева С.Н., Проскурин А.В. Динамика доминирующих факультативных паразитов грибной природы в полевых агроценозах с минимальной обработкой почвы в западной части Волгоградской области // Агрохимия. 2021. № 1. С. 62–69. DOI: 10.31857/S0002188121010038.
8. Никитин Д.А., Семенов М.В., Железова А.Д., Кутюбая О.В. Влияние технологии No-till на численность и таксономический состав микроскопических грибов в южных агро-черноземах // Микология и фитопатология. 2021. Т. 55. № 3. С. 189–202. DOI: 10.31857/S0026364821030077.
9. Haynes R.J. Size and activity of the soil microbial biomass under grass and arable management // Biology and Fertility of Soils. 1999. Vol. 30. P. 210–216. DOI: 10.1007/s003740050610.
10. Zuber S.M., Villamil M.B. Meta-analysis approach to assess effect of tillage on microbial

- biomass and enzyme activities // *Soil Biology and Biochemistry*. 2016. Vol. 97. P. 176–187. DOI: 10.1016/isoilbio.2016.03.11.
11. Sommermann L., Geistlinger J., Wibberg D. Fungal community profiles in agricultural soils of a long-term field trial under different tillage, fertilization and crop rotation conditions analyzed by high-throughput ITS-amplicon sequencing // *PloS One*. 2018. Vol. 13 (4). P. e0195345. DOI: 10.1371/journal.pone.0195345.
 12. Ranaivoson L., Naudin K., Affholder F., Rabearisoa L., Corbeels M. Agro-ecological functions of crop residues under conservation agriculture // *Agronomy for sustainable development*. 2017. Vol. 37. Is. 4. P. 26–30. DOI: 10.1007/s13593-017-0432-z.
 13. Rahma A.E., Warrington D.N., Lei T. Efficacy of wheat straw mulching in reducing soil and water losses from three typical soils of the Loess Plateau, China // *International Soil and Water Conservation Research*. 2019. Vol. 7. P. 335–345. DOI: 10.1016/j.iswcr.2019.08.003.
 14. Anderson R.L. Diversity and No-till: keys for pest management in the U.S. Great Plains // *Weed Science*, 2008, Vol. 56. P. 141–145.
 15. De Chaves M.A., Reginatto P., da Costa B.S., de Paschoal R.I., Teixeira M.L., Fuente-fria A.M. Fungicide Resistance in *Fusarium graminearum* Species Complex // *Curr Microbiol*. 2022. N 79 (2). P. 62. DOI: 10.1007/s00284-021-02759-4. PMID: 34994875.
 16. Yang, Li-na & Meng-Han, He & Ouyang, Hai-Bing & Zhu, Wen & Pan, Zhe-Chao & Sui, Qi-Jun & Shang, Li-Ping & Zhan, Jiasui. Cross-resistance of the pathogenic fungus *Alternaria alternata* to fungicides with different modes of action // *BMC Microbiology*. 2019. P. 19. DOI: 10.1186/s12866-019-1574-8.
 17. Дридигер В.К., Кулинцев В.В., Измаков С.А., Дридигер В.В. Эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35. № 1. С. 34–39. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10110.
 2. Turin E.N. Advantages and disadvantages of no-till farming around the world (review). *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki = Tauride Herald of the Agrarian Sciences*, 2020, no. 2 (22), pp. 150–168. (In Russian).
 3. Esaulko A.N., Korostylev S.A., Sigida M.S., Golosnoy E.V. Dynamics of agrochemical indicators of soil fertility at cultivation of agricultural crops for the No-till technology in the conditions of the Stavropol Region. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald*, 2018, no. 4, pp. 58–62. (In Russian).
 4. Vlasenko A.N., Kudashkin P.I., Vlasenko N.G. Influence of resource-saving technologies on the humus content in leached chernozem of the northern forest-steppe of Western Siberia. *Zemledelie = Zemledelie*, 2020, no. 5, pp. 3–5. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10501.
 5. Polyakov D.G., Bakirov F.G. Organic mulch and No-till in agriculture: a review of international experience. *Zemledelie = Zemledelie*, 2020, no. 1, pp. 3–6. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10101.
 6. Tomashova O.L., Ilyin A.V., Veselova L.S. Soil structure under coverage crops under direct seeding technology in the foothill-steppe zone of the Crimea. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Orenburg State Agrarian University*, 2019, no. 6. (80), pp. 31–33. (In Russian).
 7. Budynkov N.I., Mikhaleva S.N., Proskurin A.V. Dynamics of dominant facultative parasites of fungal nature in field agrocenoses with minimal tillage in the western part of the Volgograd region. *Agrokhimiya = Agricultural chemistry*, 2021, no. 1, pp. 62–69. (In Russian). DOI: 10.31857/S0002188121010038.
 8. Nikitin D.A., Semenov M.V., Zhelezova A.D., Kutovaya O.V. Influence of No-till technology on number and taxonomic composition of microscopic fungi in southern agrochernozems. *Mikologiya i fitopatologiya = Mycology and phytopathology*, 2021, vol. 55, no. 3, pp. 189–202. DOI: 10.31857/S0026364821030077
 9. Haynes R.J. Size and activity of the soil microbial biomass under grass and arable management. *Biology and Fertility of Soils*. 1999, vol. 30, pp. 210–216. DOI: 10.1007/s003740050610.
 10. Zuber S.M., Villamil M.B. Meta-analysis approach to assess effect of tillage on microbial biomass and enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, 2016, vol. 97, pp. 176–187. DOI: 10.1016/isoilbio.2016.03.11.

REFERENCES

1. Komissarov M.A., Klik A. The impact of no-till, conservation, and conventional tillage systems on erosion and soil properties in Lower Austria. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*, 2020, no. 4, pp. 473–482. (In Russian). DOI: 10.31857/S0032180X20040073.

11. Sommermann L., Geistlinger J., Wibberg D. Fungal community profiles in agricultural soils of a long-term field trial under different tillage, fertilization and crop rotation conditions analyzed by high-throughput ITS-amplicon sequencing. *PloS One*, 2018, vol. 13 (4), pp. e0195345. DOI: 10.1371/journal.pone.0195345.
12. Ranaivoson L., Naudin K., Affholder F., Rabearisoa L., Corbeels M. Agro-ecological functions of crop residues under conservation agriculture. *Agronomy for sustainable development*. 2017, vol. 37, is. 4, pp. 26–30. DOI: 10.1007/s13593-017-0432-z.
13. Rahma A.E., Warrington D.N., Lei T. Efficacy of wheat straw mulching in reducing soil and water losses from three typical soils of the Loess Plateau, China. *International Soil and Water Conservation Research*. 2019, vol. 7, pp. 335–345. DOI: 10.1016/j.iswcr.2019.08.003.
14. Anderson R.L. Diversity and No-till: keys for pest management in the U.S. Great Plains. *Weed Science*, 2008, vol. 56, pp. 141–145.
15. De Chaves M.A., Reginatto P., da Costa B.S., de Paschoal R.I., Teixeira M.L., Fuente-fria A.M. Fungicide Resistance in *Fusarium graminearum* Species Complex. *Curr Microbiol*, 2022, no. 79 (2), p. 62. DOI: 10.1007/s00284-021-02759-4. PMID: 34994875.
16. Yang, Li-na & Meng-Han, He & Ouyang, Hai-Bing & Zhu, Wen & Pan, Zhe-Chao & Sui, Qi-Jun & Shang, Li-Ping & Zhan, Jiasui. *Cross-resistance of the pathogenic fungus Alternaria alternata to fungicides with different modes of action*. *BMC Microbiology*, 2019, p. 19. DOI: 10.1186/s12866-019-1574-8.
17. Dridiger V.K., Kulintsev V.V., Izmalkov S.A., Dridiger V.V. Efficiency of No-till technology in the arid zone of the Stavropol Territory. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2021, vol. 35, no. 1, pp. 34–39. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10110.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Дридигер В.К.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель научного направления; **адрес для переписки:** Россия, 356241, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49; e-mail: Dridiger.victor@gmail.com

Гаджиумаров Р.Г., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Джандаров А.Н., научный сотрудник, аспирант

Котляров Д.В., доктор сельскохозяйственных наук

AUTHOR INFORMATION

✉ **Victor K. Dridiger**, Doctor of Science in Agriculture, Professor, Head of Research Group; **address:** 49, Nikonova St., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, Russia; e-mail: Dridiger.victor@gmail.com

Rasul G. Gadzhumarov, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Arsen N. Dzhandarov, Researcher, Postgraduate Student

Denis V. Kotlyarov, Doctor of Science in Agriculture

Дата поступления статьи / Received by the editors 29.04.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 10.06.2022
Дата публикации / Published 26.09.2022



ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

✉ Прахова Т.Я.¹, Таишев Н.Р.²

¹Федеральный научный центр лубяных культур

Пензенская обл., р.п. Лунино, Россия

²Пензенский государственный аграрный университет

Пенза, Россия

✉ e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Представлены результаты изучения использования микроудобрений и регуляторов роста для повышения продуктивности и качественных показателей горчицы белой. Исследования проводили в условиях лесостепи Среднего Поволжья в 2019–2021 гг. Применение биологических препаратов оказывало влияние на интенсивность начального роста горчицы. Наибольшие показатели силы роста семян горчицы отмечены на вариантах с Изагри Вита и Мегамиксом, длина проростков существенно превышала контрольный вариант на 0,63–0,97 см. Данные препараты стимулировали увеличение всхожести семян на 2,66–2,98% относительно к контролю (94,68%). Урожайность горчицы в среднем за 3 года составила 1,39–1,59 т/га. Изучаемые препараты способствовали увеличению продуктивности на 0,02–0,20 т/га относительно контрольного варианта. Наиболее эффективными являются Изагри Вита и Агроверм, применение которых позволило получить прибавку урожая горчицы на 0,17–0,20 т/га. Наибольшая маслянисть семян отмечена на вариантах с регуляторами роста Альбит (26,70%) и Циркон (26,99%), что было выше контрольного варианта на 1,44 и 1,73%. Морфометрические показатели растений горчицы также изменялись в зависимости от применения стимуляторов роста. Применение Циркона способствовало увеличению высоты растений (до 102,6 см) и образованию наибольшего числа стручков на одном растении (194,1 шт.). Использование Агроверма позволило образованию максимального количества ветвей (10,3 шт.). На вариантах с обработкой Мегамиксом и Гуматом+7 сформировались наиболее крупные семена, масса 1000 семян составила 6,82 и 6,79 г. Все изучаемые препараты способствовали снижению процентной концентрации линоленовой кислоты до 9,56–10,28%. Обработка препаратом Агрика максимально увеличивает содержание эруковой кислоты до 36,20%, препаратом Циркон – олеиновой кислоты до 31,20% и снижает концентрацию линолевой и линоленовых кислот на 8,0 и 1,52%. Применение микроудобрений и регуляторов роста может выступать в качестве приемов повышения продуктивности горчицы белой.

Ключевые слова: горчица белая, микроудобрения, регуляторы роста, продуктивность, маслянисть, жирнокислотный состав, посевные качества

METHODS OF INCREASING THE PRODUCTIVITY OF WHITE MUSTARD IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

✉ Prakhova T.Ya.¹, Taishev N.R.²

¹Federal Research Center for Bast Fiber Crops

Lunino, Penza Region, Russia

²Penza State Agrarian University

Penza, Russia

✉ e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

The results of the study of the use of microfertilizers and growth regulators to improve productivity and quality indicators of white mustard are presented. The research was conducted in the forest-steppe

conditions of the Middle Volga region in 2019-2021. The use of biological preparations influenced the intensity of initial growth of mustard. The highest rates of mustard seeds growth force were noted in the variants with Izagri Vita and Megamix, the length of the seedlings significantly exceeded the control variant by 0.63-0.97 cm. These preparations stimulated an increase in seed germination by 2.66-2.98% relative to the control (94.68%). Mustard yields averaged 1.39-1.59 t/ha over three years. The studied preparations contributed to an increase in productivity by 0.02-0.20 t/ha with respect to the control variant. The most effective are Izagri Vita and Agroverm, the use of which allowed to get an increase in the mustard yield by 0.17-0.20 t/ha. The highest oil content of seeds was observed in the variants with the growth regulators Albit (26.70%) and Zircon (26.99%), which was higher than the control variant by 1.44 and 1.73%. Morphometric indices of mustard plants also changed depending on the application of the growth stimulants. The application of Zircon contributed to an increase in the plant height (up to 102.6 cm) and the formation of the highest number of pods per plant (194.1 pcs). The use of Agroverm allowed the formation of the maximum number of branches (10.3 pcs). The variants treated with Megamix and Humate +7 formed the largest seeds, the weight of 1,000 seeds was 6.82 and 6.79 g. All of the studied preparations contributed to a decrease in the percentage concentration of the linolenic acid to 9.56-10.28%. Treatment with Agrika maximizes the content of erucic acid to 36.20%, with Zircon - oleic acid to 31.20% and reduces the concentration of linoleic and linolenic acids by 8.0 and 1.52%. The use of microfertilizers and growth regulators can act as methods of increasing the productivity of white mustard.

Keywords: white mustard, microfertilizers, growth regulators, productivity, oil content, fatty acid composition, sowing qualities

Для цитирования: Прахова Т.Я., Таишев Н.Р. Приемы повышения продуктивности горчицы белой в условиях Среднего Поволжья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 13–20. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-2>

For citation: Prakhova T.Ya., Taishev N.R. Methods of increasing the productivity of white mustard in the conditions of the Middle Volga Region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 13–20. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008).

Acknowledgments

The research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Scientific Center for Bast Fiber Crops (theme No. FGSS-2022-0008).

ВВЕДЕНИЕ

Повышение продуктивности сельскохозяйственных культур обеспечивается за счет расширения посевных площадей, разработки оптимальной технологии возделывания, создания новых сортов, характеризующихся устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды [1]. В настоящее время тенденция развития современного сельского хозяйства в направлении биологизации предполагает переход к более экологичным агротехнологиям, которые включают применение безопасных биологических препаратов как фактора, способствующего по-

вышению стрессоустойчивости растений, их продуктивности и эффективности сельскохозяйственного производства в целом [2]. С каждым годом расширяется спектр биопрепаратов различной химической природы (микроудобрений, регуляторов роста), обладающих широким спектром действия и которые находят все большее применение в растениеводческой практике. Их использование, причем в малых дозах, способствует стимулированию ростовых процессов растений и их защиты от абиотических стрессов, повышению плодородия почвы и получению высоких урожаев с меньшими затратами [2, 3].

Есть опыт применения микроудобрений на отдельных сельскохозяйственных культурах, в том числе на зерновых и бобовых [4, 5], льне масличном [6], рапсе [7] и др. [8, 9]. Исследования показывают, что применение микроудобрений и регуляторов роста положительно влияло на адаптационные способности растений, на изменения ростовых процессов, способствовало увеличению активности фотосинтеза, крупности семян, повышению урожайности семян [4, 10]. Применение биологических комплексов не влияло на биометрические показатели растений, но оказывало воздействие на качество продукции и на устойчивость растений к поражению болезнями и повреждению вредителями [3, 11].

Горчица белая (*Sinapis alba*) в настоящее время является одной из наиболее используемых человеком сельскохозяйственных культур, важнейшим источником масличных семян, зеленого корма и зеленого удобрения [12]. Потенциальная продуктивность горчицы достигает 2,0 т/га при содержании в ее семенах до 25–35% масла, которое используется во многих отраслях промышленности [13]. Горчичное масло отличается высокими вкусовыми достоинствами и его используют непосредственно для пищевых целей, а также в консервной, кондитерской, хлебопекарной отраслях [14]. Масло большинства сортов горчицы белой содержит до 24–57% эруковой и 15–36% олеиновой кислоты и находит применение в технической промышленности и для производства биодизеля [15]. Кроме того, в агрономии горчицу используют в качестве зеленого удобрения. Ее биомасса, обладая фитомелиоративными и фитосанитарными свойствами, оказывает положительное влияние на плодородие почвы [13, 16].

Горчица белая относится к скороспелой группе ранних яровых культур и характеризуется как культура, способная адаптироваться к различным условиям произрастания [14, 17]. Однако ее продуктивность во многом зависит и от элементов технологии возделывания.

Применение микроэлементных препаратов под крестоцветные культуры, в том числе и под горчицу [18], недостаточно изучено в настоящее время, при этом немногочисленные исследования проведены в других агроклиматических условиях.

Цель исследований – изучить влияние микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность и качественные показатели горчицы белой в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2019–2021 гг. на полях Федерального научного центра лубяных культур (ОП Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства). Объектом исследований служила горчица белая сорта Люция. Опыт заключался в предпосевной обработке семян горчицы микроудобрениями и регуляторами роста из расчета 1,0 л/т, Альбитом – 0,5 л/т. Схема полевого опыта включала следующие варианты: 1. Контроль (без обработки); 2. Гумат+7; 3. Агроверм; 4. Изагри Вита; 5. Мегамикс; 6. Циркон; 7. Агрика; 8. Альбит.

Вегетационный период горчицы в 2019 г. протекал в засушливых условиях, ГТК составлял 0,65. Период вегетации культуры 2020 г. протекал с небольшим дефицитом осадков, ГТК = 0,72. Условия 2021 г. были более благоприятными для развития культуры и характеризовались как умеренно засушливые (ГТК = 0,80).

Посев горчицы проводили согласно оптимальным технологическим параметрам: срок посева – ранний (I декада мая), способ посева – рядовой, норма высева – 2,0 млн всхожих семян/га. Общая площадь делянки 10 м², повторность опыта 4-кратная. Размещение делянок систематическое. Предшественник – чистый пар.

Закладка опыта, все учеты урожая, фенологические наблюдения и анализы проводили согласно методическим рекомендациям¹.

¹Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар: ВНИИМК, 2010. 323 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первоначальные изменения, возникающие в семенах после их обработки биологически активными препаратами, оказывают большое влияние на прохождение дальнейшей стадии развития взрослого организма и на продуктивность растения в целом.

Результаты лабораторных исследований показали, что обработка семян горчицы микроудобрениями и регуляторами роста положительно влияла на посевные качества семян, обеспечила более высокие показатели и повышенную интенсивность начального роста.

Наиболее эффективными при обработке семян горчицы отмечены препараты Изагри Вита и Мегамикс, применение которых стимулировало лабораторную всхожесть семян на 2,66–2,98% относительно к контролю (94,68%) при наименьшей существенной разнице 1,45%. Следует отметить, что энергия прорастания обработанных семян существенно увеличивалась на 2,06–5,66% относительно контроля. Наиболее высокой она была при применении микроудобрений Изагри Вита (73,56%) и Агроверм (74,56%) (см. табл. 1).

По критериям оценки силы роста все семена, обработанные стимуляторами роста, имели сильные проростки, длина которых достигала 2,67–3,64 см. Однако наибольшей длиной проростков (3,30; 3,60 и 3,64 см) отличались варианты с применением Мегамикса, Изагри Вита и Агроверма. Показа-

тели начального роста здесь существенно превышали контрольный вариант на 0,63–0,97 см при наименьшей существенной разнице 0,47 см.

Выявленная закономерность отмечена и по массе 100 ростков. Под влиянием указанных выше микроудобрений отмечены максимальные значения по массе 100 проростков (4,86 и 5,62 г), что превышало контроль на 19,1–37,7%. Применение Гумата+7 и Агрики способствовало незначительному увеличению массы 100 ростков на 0,54–0,64 г при значении $HCP_{05} = 0,69$ г.

Урожайность горчицы в среднем за 3 года составила 1,39–1,59 т/га, применяемые препараты способствовали увеличению продуктивности на 0,02–0,20 т/га относительно контрольного варианта (см. табл. 2).

На вариантах с применением Гумата+7 и Мегамикса было незначительное увеличение урожая, всего на 0,10 и 0,11 т/га. На вариантах с обработкой микроудобрением Агрика и регуляторами роста Циркон и Альбит отмечено статистически незначимое увеличение урожайности семян на 0,02–0,06 т/га ($HCP_{0,5} = 0,09$ т/га).

Наиболее эффективными были варианты с применением микроудобрений Изагри Вита и Агроверм, где сформировался наиболее высокий урожай семян (1,56 и 1,59 т/га) и отмечена наибольшая общая отзывчивость культуры на применение данных биопрепаратов, показатель отзывчивости составил 0,08 и 0,11 соответственно. Это показывает, что на данных вариантах растения не только

Табл. 1. Посевные качества горчицы белой в зависимости от обработки микроудобрениями (2019–2021 гг.)

Table 1. Sowing qualities of white mustard depending on the treatment with microfertilizers (2019–2021)

Вариант	Сила роста		Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
	Длина проростка, см	Масса 100 проростков, г		
Контроль	2,67	4,08	68,90	94,68
Гумат+7	2,88	4,62	71,89	96,91
Циркон	2,78	4,20	72,63	95,34
Агроверм	3,64	5,62	74,56	95,34
Изагри Вита	3,60	4,86	73,56	97,34
Мегамикс	3,30	4,86	71,25	97,66
Агрика	2,67	4,72	70,96	96,91
Альбит	2,70	4,18	72,51	95,71
HCP_{05}	0,47	0,69	2,03	1,45

Табл. 2. Продуктивность горчицы в зависимости от применения микроудобрений (2019–2021 гг.)

Table 2. Productivity of mustard depending on the use of microfertilizers (2019–2021)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка урожая, т/га	Общая отзывчивость	Масличность, %
Контроль	1,39	–	–0,09	25,26
Гумат+7	1,49	0,10	0,01	25,70
Агроверм	1,59	0,20	0,11	25,67
Изагри Вита	1,56	0,17	0,08	26,26
Мегамикс	1,50	0,11	0,02	26,42
Циркон	1,45	0,06	–0,03	26,99
Агрика	1,42	0,03	–0,06	25,44
Альбит	1,41	0,02	–0,07	26,70
НСР ₀₅	0,09	–	–	0,94

результативнее поглощают элементы минерального питания из почвы и микроудобрений, но и синтезируют больше органического вещества на единицу поглощаемого элемента, чем на других вариантах.

Содержание масла в семенах горчицы варьировало от 25,26 до 26,99%. Все изучаемые препараты способствовали в той или иной мере повышению масличности семян. Обработка семян биопрепаратами Гумат+7, Агроверм и Агрика несущественно увеличивала маслосодержание, процент прибавки относительно контрольного варианта составил 0,18–0,44 при НСР₀₅ = 0,94. Наиболее существенное увеличение содержания масла в семенах отмечено на вариантах с обработкой Мегамиксом, Альбитом и Цирконом, где прибавка составила 1,16; 1,44 и 1,73% соответственно. Применение микроудобрения Изагри Вита несущественно повышало масличность семян

(на 1,0%), что находилось в пределах наименьшей существенной разницы.

Морфометрические признаки растений горчицы также изменялись в зависимости от применения стимуляторов роста. К примеру, высота растений варьировала в диапазоне от 87,3 см до 102,6 см, коэффициент вариации составил 12,56%. Применение биологического препарата Циркон стимулировало наибольший рост растений горчицы, высота составила 102,6 см при 91,3 см в контрольном варианте. При использовании Изагри Вита, Агрики и Альбита высота растений горчицы даже снижалась до 87,3–89,8 см относительно варианта без обработки (см. табл. 3).

Наибольшее количество ветвей отмечено на вариантах с обработкой Мегамиксом (9,4 шт.), Изагри Вита (9,4 шт.) и Агровермом (10,3 шт.). Максимальное число стручков на одном растении (194,1 шт.) было на

Табл. 3. Элементы структуры урожая горчицы в зависимости от применения микроудобрений (2019–2021 гг.)

Table 3. Elements of mustard yield structure depending on the application of microfertilizers (2019–2021)

Вариант	Высота растения, см	Число на растении, шт.			Масса, г	
		ветвей	стручков	семян в стручке	семян с одного растения	1000 семян
Контроль	91,3	8,8	135,1	5,3	3,99	6,26
Гумат+7	92,6	7,9	139,8	5,4	4,16	6,79
Циркон	102,6	8,5	194,1	5,8	4,53	6,56
Агроверм	97,8	10,3	169,2	5,4	4,74	6,47
Изагри Вита	89,6	9,4	146,9	5,2	4,71	6,57
Мегамикс	96,4	9,4	176,0	5,6	4,18	6,82
Агрика	89,8	7,9	151,5	5,2	4,67	6,41
Альбит	87,3	7,1	168,4	5,3	4,13	6,32
V, %	12,56	27,15	23,73	4,44	22,11	3,22

Табл. 4. Содержание основных жирных кислот в маслосеменах горчицы в зависимости от микроудобрений, %**Table 4.** The content of essential fatty acids in mustard oilseeds depending on microfertilizers, %

Вариант	Кислота				
	насыщенные	олеиновая	линолевая	линоленовая	эруковая
Контроль	3,61	21,75	19,66	11,04	28,13
Гумат+7	3,72	30,99	10,26	9,56	30,45
Агроверм	3,52	29,20	9,86	9,90	32,42
Изагри Вита	3,74	30,68	10,80	9,58	30,44
Мегамикс	3,52	29,16	9,57	10,20	32,65
Циркон	3,80	31,20	11,26	9,52	29,06
Агрика	3,52	25,13	10,07	10,28	36,20
Альбит	3,71	30,18	10,63	9,92	30,96

варианте с Цирконом. При этом число семян в стручке практически не зависело от микроудобрений и составляло в среднем 5,2–5,8 шт. Продуктивность одного растения увеличивалась в зависимости от изучаемых препаратов, масса семян с одного растения составляла 4,13–4,74 г, что превышало контроль на 0,14–0,75 г.

Крупность семян горчицы мало изменялась в зависимости от применяемых препаратов, коэффициент изменчивости данного признака был низким (3,22%). Масса 1000 семян варьировала от 6,32 до 6,82 г на обработанных вариантах при 6,26 г в контроле. Наиболее крупные семена сформировались на варианте с обработкой Мегамиксом (6,82 г) и Гуматом+7 (6,79 г). Кроме того, изучаемые препараты влияют и на качество масла. Обработка препаратом Циркон максимально увеличивает содержание олеиновой кислоты до 31,20% при 21,75% в контроле и снижает концентрацию линолевой и линоленовых кислот на 8,0 и 1,52% относительно контроля (см. табл. 4).

Использование препарата Агрика максимально увеличивает процент эруковой кислоты (до 36,20%) и снижает до минимума содержание насыщенных кислот (до 3,52%). Наибольшее содержание линоленовой кислоты отмечено на варианте без обработки. Все изучаемые препараты способствовали снижению процентной концентрации данной кислоты до 9,56–9,92%, за исключением Мегамикса и Агрики, где ее содержание составляло 10,20 и 10,28% соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение микроудобрений и регуляторов роста в той или иной степени влияет на продуктивность, качество и посевные свойства горчицы белой и может выступать в качестве приемов повышения ее продуктивности. Наиболее эффективными являются Изагри Вита и Агроверм, применение которых позволило получить прибавку урожайности горчицы на 0,17–0,20 т/га относительно контрольного варианта. Использование Мегамикса, Альбита и Циркона способствовало увеличению масличности семян на 1,16–1,73%. Наиболее крупные семена сформировались на вариантах с обработкой Мегамиксом и Гуматом+7, масса 1000 семян составила 6,82 и 6,79 г. Наибольшая интенсивность начального роста горчицы отмечена на вариантах с Изагри Вита и Мегамиксом, где показатели начального роста и всхожести существенно превышали контрольный вариант на 0,63–0,97 см и 2,66–2,98%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукьянова О.В., Вавилова Н.В., Виноградов Д.В., Ступин А.С., Соколов А.А. Роль биологически активных препаратов в повышении продуктивности агрокультур // Вестник Рязанского Государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2021. № 1 (49). С. 30–39.
2. Лагошина А.Г., Пчихачев Э.К., Белоус О.Г. Влияние регуляторов роста растений на функциональные процессы сельскохозяйственных культур (литературный обзор) // Субтропическое и декоративное са-

- доводство. 2020; № 74. С. 120–131. DOI: 10.31360/2225-3068-2020-74-120-131.
3. Серков В.А., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И. Применение защитно-стимулирующих комплексов на технической конопле // *Агрохимия*. 2020. № 2. С. 51–60. DOI: 10.31857/S0002188120020131.
 4. Косенко С.В., Плужникова И.И. Влияние биоудобрения «Агроверм» на процесс прорастания семян зерновых культур // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2020. № 10 (192). С. 19–23.
 5. Сырмолот О.В., Байделюк Е.С., Кочева Н.С. Применение биопрепаратов и стимуляторов роста при возделывании сои в Приморском крае // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 8. С. 70–74. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10812.
 6. Кишикаткина А.Н., Журавлев Е.Ю. Регуляторы роста и микроудобрения – факторы повышения продуктивности льна масличного // *Нива Поволжья*. 2018. № 4 (49). С. 67–71.
 7. Зубкова Т.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д. Эффективность некорневой обработки микроудобрениями при выращивании ярового рапса // *АгроЭкоИнфо*. 2021. № 1 (43). С. 5. DOI: 10.51419/20211121.
 8. Timoshkin O.A., Prakhova T.Ya., Druzhinin V.G. Influence of growth regulators on the quality of safflower seeds in the conditions of the Middle Volga // *Volga Region Farmland*. 2021. N 2 (10). P. 53–56. DOI: 10.26177/VRF.2021.10.2.008.
 9. Piskareva L.A., Cheverdin A.Yu. Influence of mineral fertilizers and growth regulators for maize yield // *Journal Of Agriculture And Environment*. 2020. N 3 (15). P. 24–28. DOI: 10.23649/jae.2020.3.15.5.
 10. Босак В.Н., Сачивко Т.В., Яковлева Е.В. Применение удобрений и регуляторов роста при возделывании пряно-ароматических и эфирно-масличных культур // *Вестник аграрной науки*. 2021. № 3 (90). С. 37–42. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.37.
 11. Кузьмина Е.Ю., Савенков В.П. Влияние макро- и микроудобрений на урожай семян редьки масличной в условиях лесостепи ЦФО России // *Масличные культуры*. 2021. № 1 (185). С. 52–62. DOI: 10.25230/2412-608X-2021-1-185-52-62.
 12. Шитиевская Е.Ю., Сердюк О.А., Трубина В.С., Горлова Л.А. Горчица белая. История, применение. Сорты селекции ВНИИМК // *Агроснабфорум*. 2018. № 8 (164). С. 66–68.
 13. Воловик В.Т. Горчица белая – значение, использование // *Адаптивное кормопроизводство*. 2020. № 2. С. 41–67. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-41-67.
 14. Antova G.A., Angelova-Romova M.I., Petkova Z.Y., Teneva O.T., Marcheva M.P. Lipid composition of mustard seed oils (*Sinapis alba* L.) // *Bulgarian chemical communications*. 2017. Vol. 49. P. 55–60.
 15. Yesilyurt M.K., Arslan M., Eryilmaz T. Application of response surface methodology for the optimization of biodiesel production from yellow mustard (*Sinapis alba* L.) seed oil // *International journal of green energy*. 2019. Vol. 16. N 1. P. 60–71. DOI: 10.1080/15435075.2018.1532431.
 16. Damian F., Jelea S.G., Lacatusu R., Mihali C. The treatment of soil polluted with heavy metals using the *Sinapis alba* L. and organo zeolitic amendment // *Carpathian journal of earth and environmental sciences*. 2019. Vol. 14. N. 2. P. 409–422. DOI: 10.26471/cjees/2019/014/090.
 17. Ростова Е.Н. Семенная продуктивность и эффективность выращивания разных видов горчицы в степной зоне Крыма // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2021. № 26 (189). С. 59–67.
 18. Мастеров А.С., Романцевич Д.И., Журавский А.С. Влияние регуляторов роста на эффективность возделывания горчицы белой на семена // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021. № 2. С. 98–101.

REFERENCES

1. Lukyanova O.V., Vavilova N.V., Vinogradov D.V., Stupin A.S., Sokolov A.A. The role of biologically active preparations in increasing productivity of agrocultures. *Vestnik Ryazanskogo Gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva = Herald of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*, 2021, no. 1 (49), pp. 30–39. (In Russian).
2. Lagoshina A.G., Pchikhachev E.K., Belous O.G. Influence of plant growth regulators on functional processes of agricultural crops (literature review). *Subtropicheskoye i dekorativnoye sadovodstvo = Subtropical and ornamental horticulture*, 2020, no. 74, pp. 120–131. (In Russian). DOI: 10.31360/2225-3068-2020-74-120-131.
3. Serkov V.A., Belopukhov S.L., Dmitrevskaya I.I. Application of protective-stimulating complexes on technical hemp. *Agrokhi-miya = Agricultural Chemistry*, 2020, no. 2, pp. 51–60. (In Russian). DOI: 10.31857/S0002188120020131.

4. Kosenko S.V., Pluzhnikova I.I. The influence of biofertilizer "Agroverm" on the process of seed germination of cereal crops. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2020, no. 10 (192), pp. 19–23. (In Russian).
5. Syrmolot O.V., Baydelyuk E.S., Kocheva N.S. The use of biological products and growth stimulants in the cultivation of soybean in the Primorsky Territory. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2020, vol. 34, no. 8, pp. 70–74. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10812.
6. Kshnikatkina A.N., Zhuravlev E.Yu. Growth regulators and microfertilizers - factors for increasing the productivity of oil flax. *Niva Povolzh'ya = Volga Region Farmland*, 2018, no. 4 (49), pp. 67–71. (In Russian).
7. Zubkova T.V., Vinogradov D.V., Gogmachadze G.D. Efficiency of non-root treatment with microfertilizers in the cultivation of spring rapeseed. *AgroEkoInfo = AgroEcoInfo*, 2021, no. 1 (43), p. 5. (In Russian). DOI: 10.51419/20211121.
8. Timoshkin O.A., Prakhova T.Ya., Druzhinin V.G. Influence of growth regulators on the quality of safflower seeds in the conditions of the Middle Volga. *Volga Region Farmland*, 2021, no. 2 (10), pp. 53–56. DOI: 10.26177/VRF.2021.10.2.008.
9. Piskareva L.A., Cheverdin A.Yu. Influence of mineral fertilizers and growth regulators for maize yield. *Journal Of Agriculture And Environment*, 2020, no. 3 (15), pp. 24–28. DOI: 10.23649/jae.2020.3.15.5.
10. Bosak V.N., Sachivko T.V., Yakovleva E.V. Application of mineral fertilizers and growth regulators in the cultivation of spicy-aromatic and essential oil crops. *Vestnik agrarnoy nauki = Bulletin of Agrarian Science*, 2021, no. 3 (90), pp. 37–42. (In Russian). DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.3.37.
11. Kuzmina E.Yu., Savenkov V.P. Effect of macro- and microfertilizers on oil radish seed yield of in the forest-steppe conditions of the Central Federal District of Russia. *Maslichnyye kul'tury = Oil crops*, 2021, no. 1 (185), pp. 52–62. (In Russian). DOI: 10.25230/2412-608X-2021-1-185-52-62.
12. Shipievskaya E.Yu., Serdyuk O.A., Trubina V.S., Gorlova L.A. White mustard. History, application. Varieties of VNIIMK breeding. *Agrosnabforum = Agrosnabforum*, 2018, no. 8 (164), pp. 66–68. (In Russian).
13. Volovik V.T. White mustard – meaning, use. *Adaptivnoye kormoproizvodstvo = Adaptive Fodder Production*, 2020, no. 2, pp. 41–67. (In Russian). DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-2-41-67.
14. Antova G.A., Angelova-Romova M.I., Petkova Z.Y., Teneva O.T., Marcheva M.P. Lipid composition of mustard seed oils (*Sinapis alba* L.). *Bulgarian chemical communications*, 2017, vol. 49, pp. 55–60.
15. Yesilyurt M.K., Arslan M., Eryilmaz T. Application of response surface methodology for the optimization of biodiesel production from yellow mustard (*Sinapis alba* L.) seed oil. *International journal of green energy*, 2019, vol. 16, no. 1, pp. 60–71. DOI: 10.1080/15435075.2018.1532431.
16. Damian F., Jelea S.G., Lacatusu R., Mihali C. The treatment of soil polluted with heavy metals using the *Sinapis alba* L. and organo zeolitic amendment. *Carpathian journal of earth and environmental sciences*, 2019, vol. 14, no. 2, pp. 409–422. DOI: 10.26471/cjees/2019/014/090.
17. Rostova E.N. Productivity of seed and efficiency of growing different types of mustard in the steppe zone of the Crimea. *Izvestiya sel'skokhozyaistvennoi nauki Tavrida = Transactions of Taurida Agricultural Science*, 2021, no. 26 (189), pp. 59–67. (In Russian).
18. Masterov A.S., Romantsevich D.I., Zhuravsky A.S. Influence of growth regulators on the efficiency of cultivation of white mustard for seeds. *Vestnik Belorusskoy Gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2021, no. 2, pp. 98–101. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Прахова Т.Я.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 442731, Пензенская область, р.п. Лунино, ул. Мичурина, 1/б; e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Тайшев Н.Р., аспирант

AUTHOR INFORMATION

✉ **Tatyana Ya. Prakhova**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** 1b, Michurina St., Lunino, Penza region, 442731, Russia; e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Nurmarat R. Taishev, Postgraduate Student

Дата поступления статьи / Received by the editors 15.04.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 02.06.2022
Дата публикации / Published 26.09.2022

СЕЛЕКЦИОННО-ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ В АГРОЦЕНОЗАХ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ

✉ Соколова Л.М.

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального научного центра овощеводства

Москва, Россия

✉ e-mail: lsokolova74@mail.ru

Представлены результаты исследований, направленных на повышение устойчивости моркови столовой к основным болезням культуры, вызванным грибами родов *Alternaria* и *Fusarium*. Отмечено, что фузариозные и альтернариозные инфекции поражают растения моркови первого и второго года жизни, снижают лежкость корнеплодов в период хранения, вызывают выпадения семенников, ухудшают посевные качества семян, что наносит значительный ущерб товарному производству и семеноводству. Многолетние исследования (2011–2020) проведены в Московской области. Эксперимент поставлен на инфекционно-провокационных фонах, *in vitro* и в естественных неконтролируемых условиях. Объект исследования – растения моркови столовой первого и второго года жизни. Использован исходный, сортовой, линейный, селекционный и гибридный материал моркови столовой отечественной селекции, образцы иностранной селекции, фитопатогенные грибы из родов *Alternaria*, *Fusarium*. В лабораторных и полевых условиях разработаны основные принципы последовательности включения различных методов иммунологической оценки и чередования двухлетнего и однолетнего циклов развития растений моркови столовой в схемы соответствующих этапов селекционного процесса с целью повышения напряженности и эффективности отбора, экономии времени и селекционного материала. В ходе исследований выявлена тесная корреляционная зависимость между лабораторными и полевыми опытами. В результате применения селекционно-иммунологических схем в селекционном процессе, выделены сорта – источники групповой устойчивости к поражению *Alternaria* и *Fusarium* на разных стадиях онтогенеза: Бирючукская, Суражевская 1, Витаминная 6, НИИОХ 336, Лосиноостровская 13, Бессердцевинная, Королева осени, Леандр, Московская зимняя А-515, Шантенэ роял, Ньюанс.

Ключевые слова: схемы, селекционный процесс, морковь столовая, устойчивость, *Alternaria*, *Fusarium*

SELECTION AND IMMUNOLOGICAL SCHEMES IN AGROCENOSES OF TABLE CARROTS

✉ Sokolova L.M.

All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal Scientific Vegetable Center

Moscow, Russia

✉ e-mail: lsokolova74@mail.ru

The results of research aimed at increasing the resistance of carrots to major crop diseases caused by fungi of genera *Alternaria* and *Fusarium* are presented. It has been noted that fusarium and alternaria infections affect carrot plants in the first and second years of life, reduce the storability of root crops during storage, cause seed-breeding plot drop-out, deteriorate seed quality, which causes significant damage to commercial production and seed production. Multi-year studies (2011-2020) were conducted in the Moscow region. The experiment was performed on infection-provoking backgrounds, *in vitro* and under natural uncontrolled conditions. The object of the study were table carrot plants of the first and second year of life. The original, varietal, linear, breeding and hybrid material of table carrots of domestic selection, samples of foreign selection, phytopathogenic fungi of genera *Alternaria*, *Fusarium* were used. In the laboratory and field conditions the basic principles of the sequence of inclusion of different methods of immunological evaluation and alternation of two-year and one-year cycles of development of carrot table plants in the schemes of the corresponding stages of the breeding process to increase the intensity and efficiency of selection, saving time and breeding material were developed. The research revealed a strong correlation

between laboratory and field experiments. As a result of the application of selection and immunological schemes in the breeding process, the following varieties - sources of group resistance to *Alternaria* and *Fusarium* infestation at different stages of ontogenesis were identified: Biryuchekutskaya, Surazhevskaya 1, Vitaminnaya 6, НИОН-336; Losinoostrovskaya 13; Bessertsevinnaia, Queen of Autumn, Leandr, Moscow winter A-515, Chantene royal, Nuance.

Keywords: schemes, breeding process, table carrot, stability, *Alternaria*, *Fusarium*

Для цитирования: Соколова Л.М. Селекционно-иммунологические схемы в агроценозах моркови столовой // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 21–31. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-3>

For citation: Sokolova L.M. Selection and immunological schemes in agrocenoses of table carrots. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 21–31. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-3>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Морковь культурная (международное научное название – *Daucus carota*) – главная овощная культура семейства сельдерейных (Apiaceae). Ее широко возделывают в разных странах мира. В Российской Федерации морковь занимает около 70 000 га, из них 30 000 га – в товарных хозяйствах [1]. Подверженность корнеплодов моркови поражению грибными болезнями в мире составляет более 40%, что представляет основную трудность в получении стабильно высоких урожаев, сохранении товарности, выращивании полноценных здоровых семян¹ [2, 3]. Ситуация усугубляется появлением резистентных изолятов различных патогенных микроорганизмов [4]. Самые распространенные и вредоносные болезни на моркови столовой – альтернариоз и фузариоз. Гибель от альтернариоза во время хранения составляет 30–60% (загнивание точки роста), выпадения семенников могут достигать 40% [5]. Болезнь приводит к подсыханию и отмиранию листьев у первогодников, вследствие чего урожай корнеплодов снижается на 70–80% [6]. Большое распространение получают болезни моркови столовой, вызываемые грибами рода *Fusarium*, частота их встреча-

емости составляет 67% [7]. Зараженность семян моркови фузариозом может достигать 35%, вследствие чего снижается урожайность на 40% [8–10].

Химические меры борьбы с болезнями на моркови столовой часто малоэффективны и не экологичны. В связи с этим возникает необходимость создания толерантных сортов и гибридов моркови столовой к комплексу патогенов [11].

Оценка сортов и гибридов на толерантность к болезням – один из этапов селекции и государственного испытания на хозяйственную ценность. Оценка сортообразцов на всех этапах селекционного процесса необходимо проводить на инфекционно-провокационных фонах, *in vitro* и в естественных неконтролируемых условиях² [12–14].

Цель исследований – изучить способы повышения эффективности целевой селекции моркови столовой на толерантность к *Alternaria* и *Fusarium*, включающей комплексную оценку на всех этапах онтогенеза культуры с последующим выделением генисточников для создания новых сортов и гибридов.

¹Соколова Л.М. Создание исходного материала столовой моркови для селекции на устойчивость к *Alternaria radicina* M.DR.ET E, *Fusarium avenaceum*: дисс. ... канд. с.-х. наук: Верея, 2010. 171 с.

²Соколова Л.М. Создание исходного материала столовой моркови для селекции на устойчивость к *Alternaria radicina* M.DR.ET E, *Fusarium avenaceum*: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: Верея. 2010. 32 с.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в отделе селекции и семеноводства Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиала Федерального научного центра овощеводства в 2011–2020 гг. на инфекционно-провокационных фонах, *in vitro* и в естественных неконтролируемых условиях. Объект исследований – растения моркови столовой первого и второго года жизни. Использован исходный, сортовой, линейный, селекционный и гибридный материал моркови столовой отечественной селекции, а также образцы иностранной селекции, фитопатогенные грибы из родов *Alternaria*, *Fusarium*. В ходе исследования изучены методики селекционного процесса.

Учеты и наблюдения проводили по стандартным (согласно ГОСТ 12044–93 от 2000 г.) и новым усовершенствованным методическим рекомендациям (см. сноску 2)^{3,4}. В ходе исследований апробированы и широко использованы на толерантность к наиболее распространенным возбудителям рр. *Fusarium* и *Alternaria* следующие методы: выделение грибных фитопатогенных микроорганизмов из почвы и растительного материала, идентификация заспоренности семенного материала, получение чистых культур патогенов, оценка агрессивности возбудителей, размножение инфекционного субстрата (зерносмесь + патоген) с последующим внесением на провокационно-инфекционный фон, искусственное заражение отделенных листовых пластин (опрыскивание), заражение корнеплодных дисков (мицелиальные блочки), заражение на провокационно-инфекционных фонах вегетирующих растений моркови первого года жизни (опрыскивание суспензией спор патогенов), заражение семян в лабораторных условиях (внесение

патогенного субстрата в стерильный песок), оценка растений моркови столовой на фильтрате культуральной жидкости (микотоксин) (см. сноски 3, 4). Математическая обработка данных проведена методами дисперсионного и корреляционного анализа⁵, а также с помощью пакета прикладных программ Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Реакцию сортообразцов на поражение местными возбудителями *A. radicina*, *A. dauci* и *F. oxysporum* проводили в неконтролируемых условиях открытого грунта на естественном фоне, напряженность которого зависит от агроклиматических показателей года, и на искусственных провокационно-инфекционных фонах с контролируемой инфекционной нагрузкой. Это позволило ежегодно осуществлять объективный контроль за образцами по группам устойчивости. В результате ежегодной оценки по листовой пластине к альтернариозу и фузариозу выделились следующие толерантные сорта: Суражевская 1, Витаминная 6, Лосиноостровская 13, Леандр, Московская зимняя А-515, Королева осени, Шантенэ роял, Ньюанс (см. рис. 1).

На протяжении 7 мес хранения гибель корнеплодов от комплекса патогенов может достигать 60%. В связи с этим, информативным методом, по которому можно определить сохранность корнеплодов, является заражение корнеплодных дисков моркови столовой агаровыми блоками наиболее вредоносных патогенов *Alternaria radicina* и *Fusarium oxysporum*. В результате комплексной оценки выделились сорта Витаминная 6, Лосиноостровская 13, Суражевская 1 (см. рис. 2).

Метод заражения проростков в лабораторных условиях прост и доступен в исполнении. Данный метод обеспечивает, не-

³Леунов В.И., Ховрин А.Н., Терешонкова Т.А., Соколова Л.М., Горшкова Н.С., Алексеева К.Л. Методы ускоренной селекции моркови столовой на комплексную устойчивость к грибным болезням (*Alternaria* и *Fusarium*). Метод. рекомендации. М., 2011. 61 с

⁴Соколова Л.М. Система селекционно-иммунологических методов создания сортов и гибридов моркови столовой с групповой устойчивостью к *Alternaria* sp. и *Fusarium* sp. с комплексом хозяйственно ценных признаков: дисс. ... доктора с.-х. наук Одинцово, 2020. 321 с.

⁵Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос. 1985. 415 с.

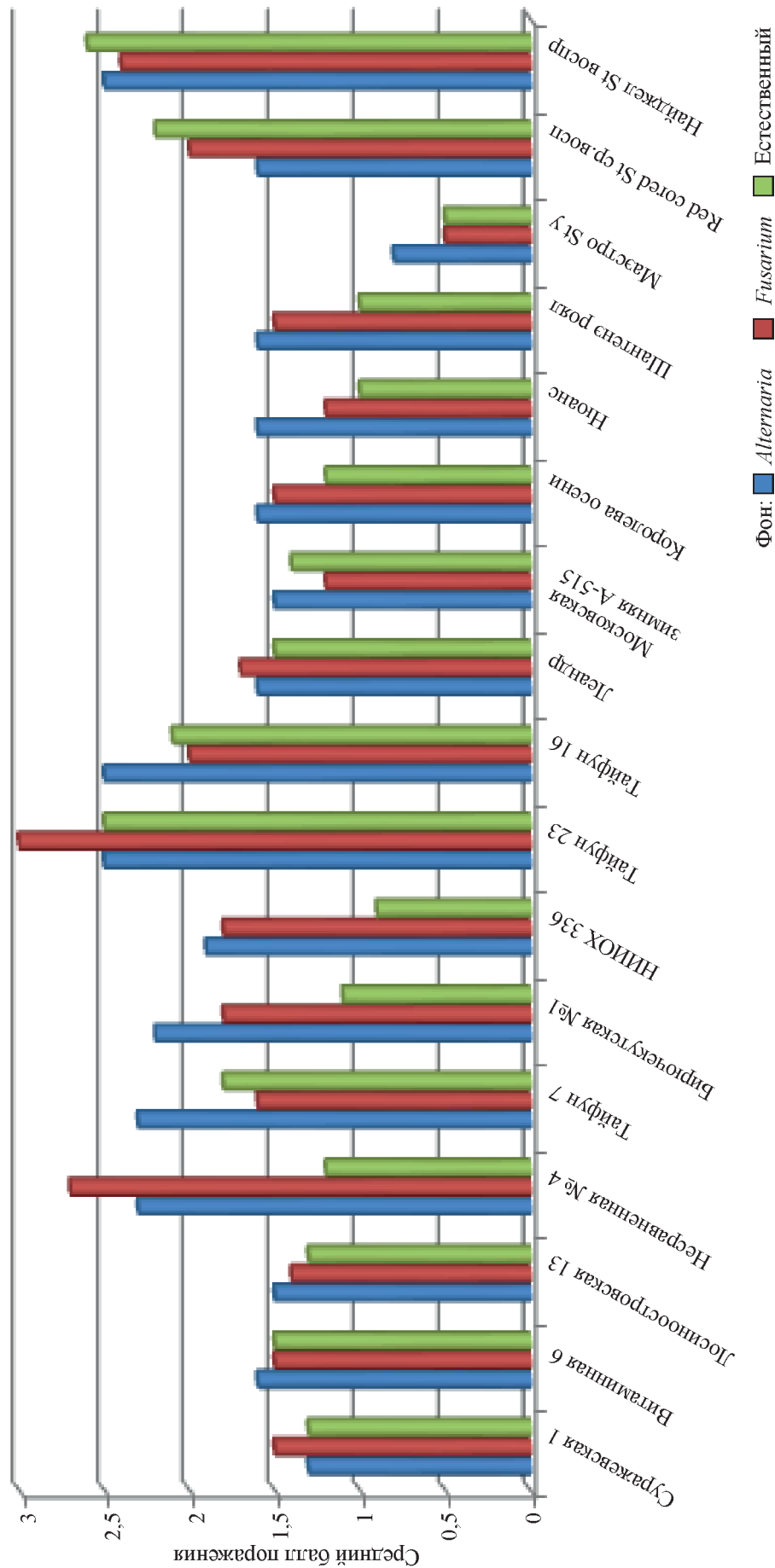


Рис. 1. Оценка устойчивости сортового материала моркови столовой к *Fusarium oxysporum* и *Alternaria dauci* на инфекционных фонах и в естественных условиях (2011–2019 гг.)
Fig. 1. Evaluation of varietal resistance of table carrots to *Fusarium oxysporum* and *Alternaria dauci* in infectious backgrounds and in natural conditions (2011–2019)

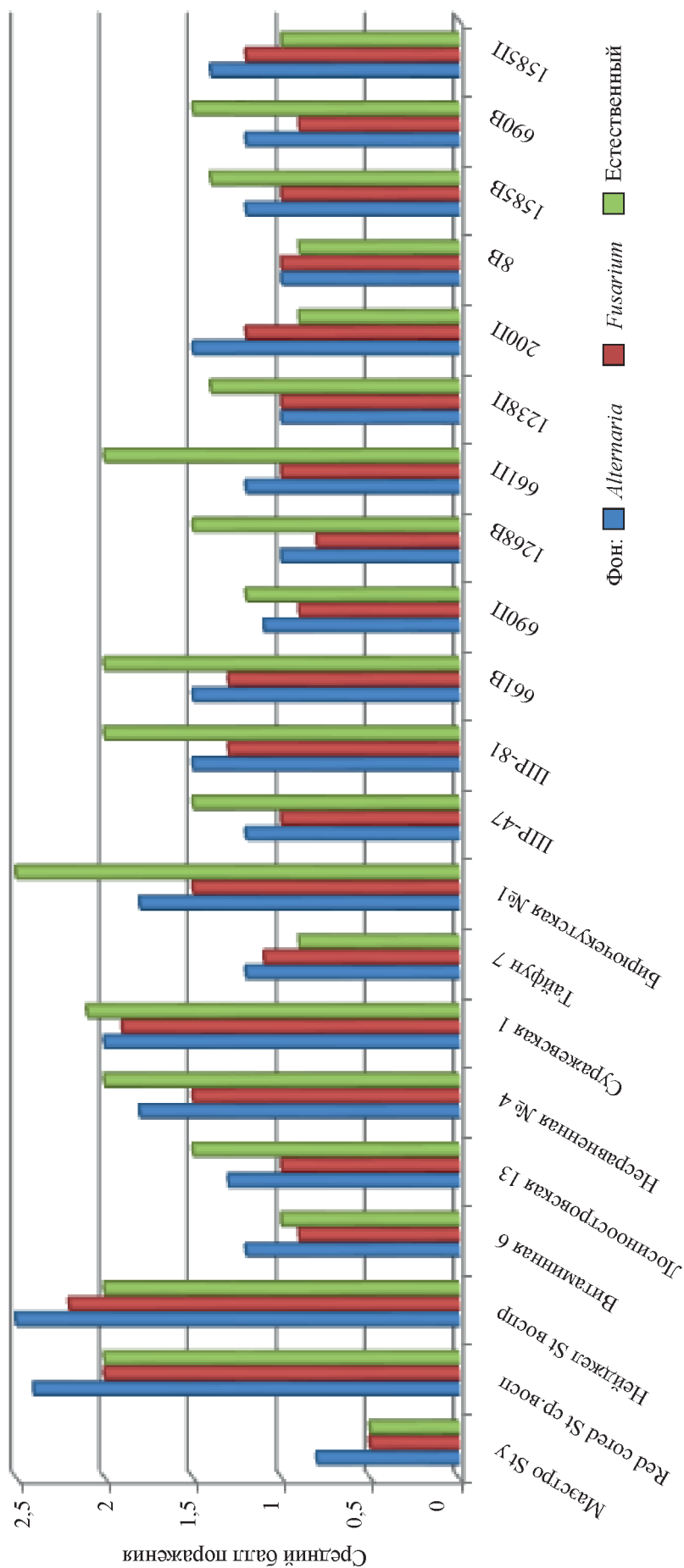


Рис. 2. Оценка устойчивости к патогенам *Alternaria radicina*, *Fusarium oxysporum* корнеплодов моркови столовой методом дисков (агаровые блоки) (2011–2019 гг.)

Fig. 2. Assessment of resistance to pathogens *Alternaria radicina*, *Fusarium oxysporum* of table carrots root crops by disk method (agar blocks) (2011–2019)

зависимо от периода вегетации, получение результатов, сопоставимых с полевой оценкой на провокационных фонах *A. radicina* и *F. oxysporum*. В результате комплексной оценки выделено четыре толерантных сорта.

Проведение предварительной оценки этим методом позволяет существенно сократить объем анализируемого материала на провокационных фонах в открытом грунте, так как из работы исключаются восприимчивые образцы, а толерантные генотипы сортообразцов высаживают в сосуды для дальнейшей селекционной работы.

Усовершенствован и апробирован методический прием оценки устойчивости проростков моркови столовой путем использования микотоксинов, выделяемых *A. radicina* и *F. oxysporum*. Метод основан на проращивании семян на фильтровальной бумаге, смоченной фильтратом культуральной жидкости. Устойчивость образцов определяли по всхожести и линейным параметрам проростков. Чем больше этот показатель, тем выше устойчивость исследуемого образца к патогенам. Семена неустойчивых к альтернариозу и фузариозу форм культуры не прорастают [15, 16]. В ходе исследований выделено семь толерантных сортообразцов моркови столовой к *A. radicina* и *F. oxysporum*.

Предложенный метод путем заражения чистыми культурами возбудителей, как и метод оценки проростков, позволяет ускорить селекционный процесс, проводя отбор устойчивых генотипов на стадии проростка, и получать их семенное потомство в однолетнем цикле развития. Для этого отобранные сеянцы высаживают в сосуды и в условиях открытого грунта выращивают до стадии штеклинга. После яровизации и весеннего анализа основных признаков отобранные маточные корнеплоды снова высаживают в сосуды и помещают в обогреваемую теплицу для выращивания семенных растений.

Разработаны основные принципы последовательности включения различных методов иммунологической оценки и чередования 2- и 1-летнего циклов развития растений моркови столовой в схемы соответствующих этапов селекционного процесса с целью по-

вышения эффективности отбора генотипов и селекции по устойчивости, а также экономии времени и селекционного материала (см. рис. 3–5).

За годы исследований выделено 54 толерантных, 247 слабовосприимчивых, 213 средневосприимчивых и 124 восприимчивых сортообразца моркови столовой. В результате применения селекционно-иммунологической системы методов из линий сортовых и гибридных популяций был получен ценный материал моркови столовой, который обладает комплексной толерантностью к наиболее вредоносным патогенам из рр. *Alternaria* и *Fusarium*.

На этапе питомника исходного материала использована оценка устойчивости растений на почвенных инфекционных фонах в сочетании с опрыскиванием вегетирующих растений суспензией спор и комплексом лабораторных методов (см. рис. 4).

В результате получены первичная оценка устойчивости коллекции, оценка выровненности образцов и последовательного индивидуального отбора корнеплодов до и после хранения.

На этапе селекционного питомника для растений первого года жизни рекомендована та же схема, что и для питомника исходного материала (см. рис. 5). Для растений второго года жизни необходимо использовать метод заражения дисков корнеплодов, в результате которого должны быть проведены оценка выровненности линейных и сортовых образцов по устойчивости и индивидуальный отбор устойчивых растений (путем сохранения головки корнеплода). Предварительную оценку по признаку устойчивости к листовым болезням рекомендуется проводить методом опрыскивания суспензией (результат через 14 дней) в лабораторных условиях. Таким образом осуществляется комплексный контроль устойчивости семенников и сбор семян с устойчивых растений.

Информация о применении селекционно-иммунологических схем и о комплексном проведении лабораторных и полевых опытов получена при изучении корреляции между всеми исследованиями. В результа-

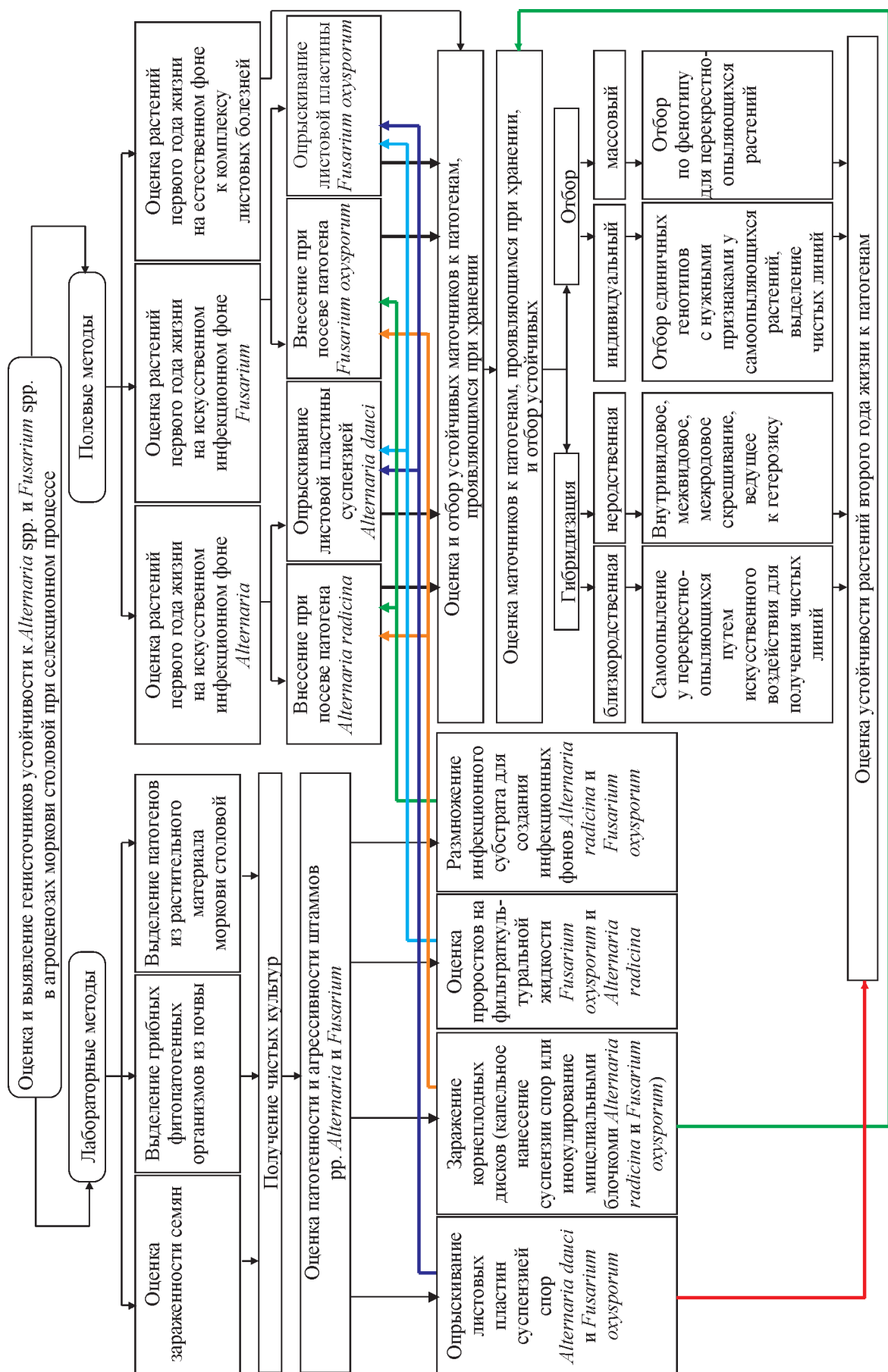


Рис. 3. Схема селекционного процесса, включающая мониторинг и выявление генисточников устойчивости в агроценозах моркови столовой (линии показывают, какие результаты из какого опыта вытекают и какие опыты можно проводить взаимосвязано)
 Fig. 3. Scheme of the breeding process, including monitoring and identification of resistance genes in carrot table agroecosystems (The lines show which results follow from which experiments and which experiments can be performed in correlation)

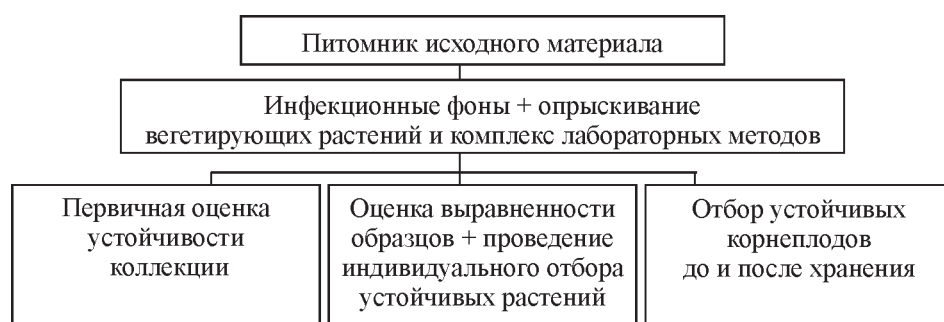


Рис. 4. Схема оценки устойчивости в питомнике исходного материала

Fig. 4. Sustainability assessment scheme in a parent material nursery

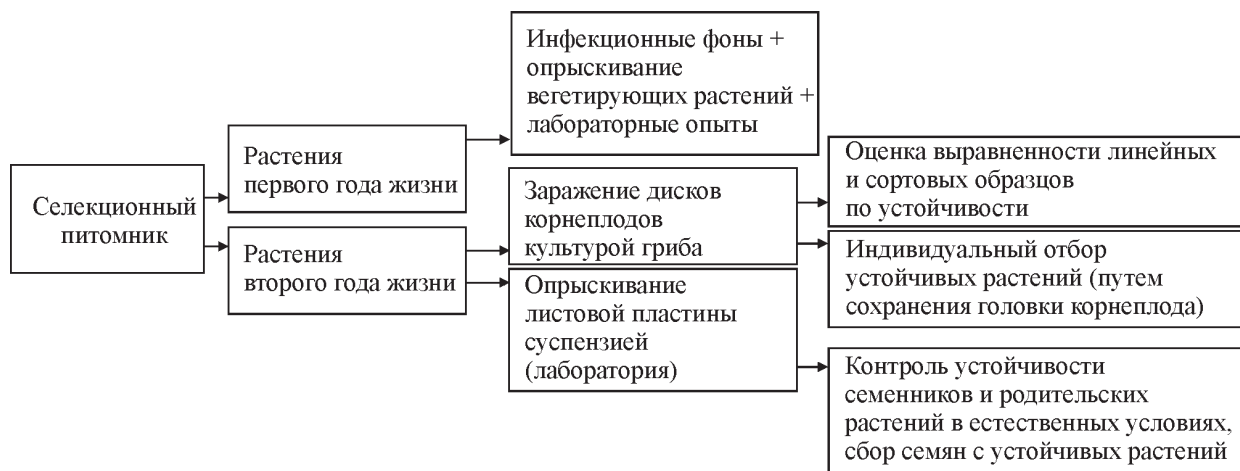


Рис. 5. Схема оценки устойчивости в селекционном питомнике

Fig. 5. Sustainability assessment scheme in a breeding nursery

Корреляционная зависимость между полевыми и лабораторными методами оценки устойчивости моркови столовой (2011–2019 гг.) ($r \pm Sr$)

Correlation relationship between field and laboratory methods for assessing stability of table carrots (2011–2019) ($r \pm Sr$)

Параметр	Инфекционный фон (<i>A. dauci</i>)	Инфекционный фон (<i>A. radicina</i>)	Инфекционный фон (<i>Fusarium</i>)	Естественный фон (контроль)
<i>Полевые опыты</i>				
Инфекционный фон (<i>A. dauci</i>)		0,69	0,65	0,55
Инфекционный фон (<i>A. radicina</i>)			0,63	0,58
Инфекционный фон (<i>Fusarium</i>)				0,57
<i>Лабораторные опыты</i>				
Опрыскивание суспензией спор листовой пластины (<i>A. dauci</i>)	0,73		0,56	0,43
Фильтрат культуральной жидкости (<i>A. dauci</i>)	0,74		0,68	0,59
Заражение сеянцев (<i>A. radicina</i>)		0,61	0,71	0,44
Заражение дисков мицелиарными блочками (<i>A. radicina</i>)		0,74	0,71	0,41
Фильтрат культуральной жидкости (<i>A. radicina</i>)		0,78	0,63	0,45
Заражение сеянцев (<i>Fusarium</i>)		0,7	0,75	0,53
Заражение дисков мицелиальными блочками (<i>Fusarium</i>)		0,71	0,73	0,64
Фильтрат культуральной жидкости (<i>Fusarium</i>)		0,68	0,71	0,54

те корреляционного анализа, проведенного с 2011 по 2019 г., отмечена достаточно тесная корреляционная зависимость между полевыми и лабораторными опытами (см. таблицу).

Отмечена тесная корреляционная зависимость между опрыскиванием суспензией спор листовой пластины (*A. dauci*) и инфекционным фоном (*A. dauci*) ($r = 0,73$), заражением семян (*A. radicina*) и инфекционным фоном (*Fusarium*) ($r = 0,70$), заражением семян (*Fusarium*) и инфекционным фоном (*A. radicina*) ($r = 0,70$), заражением семян (*Fusarium*) и инфекционным фоном (*Fusarium*) ($r = 0,75$), заражением дисков мицелиальными блоками (*A. radicina*) и инфекционным фоном (*A. radicina*) ($r = 0,74$), заражением дисков мицелиальными блоками (*A. radicina*) и инфекционным фоном (*Fusarium*) ($r = 0,71$), заражением дисков мицелиальными блоками (*Fusarium*) и инфекционным фоном (*A. radicina*) ($r = 0,71$), заражением дисков мицелиальными блоками (*Fusarium*) и инфекционным фоном (*Fusarium*) ($r = 0,73$), фильтратом культуральной жидкости (*A. radicina*) и инфекционным фоном (*A. radicina*) ($r = 0,78$), фильтратом культуральной жидкости (*A. dauci*) и инфекционным фоном (*A. dauci*) ($r = 0,74$), фильтратом культуральной жидкости (*Fusarium*) и инфекционным фоном (*Fusarium*) ($r = 0,71$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Иммунологический отбор имеет очень большое значение в селекции сельскохозяйственных культур на устойчивость к болезням. Основой является наследственная неоднородность сорта или линий в отношении той или иной болезни. Полевая или относительная устойчивость – наиболее сложный тип устойчивости. Полевую устойчивость могут определять такие признаки, как отсутствие или наличие опушенности на листе, окраска, строение листа и т.д. При этом результативность селекционного процесса по признаку болезнеустойчивости в основном зависит от методов оценки и отбора исходного материала. Реакцию сортообразцов на поражение возбудителями следует проводить в неконтро-

лируемых условиях открытого грунта на естественном фоне, напряженность которого зависит от агроклиматических показателей года, на искусственных провокационных инфекционных фонах с контролируемой инфекционной нагрузкой. Это позволяет ежегодно объективно оценивать образцы по группам устойчивости.

Предложенная комплексная оценка ускоряет селекционный процесс за счет проведения предварительной диагностики устойчивости большого количества сортообразцов моркови столовой и отбора устойчивых генотипов. Предварительная оценка лабораторными методами в межсезонный период времени позволяет существенно сократить объем анализируемого материала на провокационных фонах в открытом грунте, так как из работы исключаются восприимчивые образцы. В ходе исследований выявлена тесная корреляционная зависимость между лабораторными и полевыми опытами.

В результате применения селекционно-иммунологических схем в селекционном процессе в условиях Московской области выделены следующие сорта – источники групповой устойчивости к поражению *Alternaria* и *Fusarium* на разных стадиях онтогенеза: Бирючукская, Суражевская 1, Витаминная 6, НИИОХ 336, Лосиноостровская 13, Бессердцевинная, Королева осени, Леандр, Московская зимняя А-515, Шантенз роял, Ньюанс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леунов В.И. Направления в селекции и семеноводстве овощных корнеплодных культур // Картофель и овощи. 2017. № 10. С. 6–9.
2. Леунов В.И. Столовые корнеплоды в России: монография. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2011. 258 с.
3. Дрент А., Гест Д.И. Грибковые и оомикетные болезни плодовых культур тропических деревьев // Annual Review of Phytopathology. 2016. Vol. 54. P. 373–395. DOI: 10.1146/080615-095944.
4. Nicot P.S., Stewart A., Bardin M., Elad Yu. Biological control and suppression of diseases

- caused by Botrytis by biopesticides // Botrytis – the Fungus, the Pathogen and its Management in Agriculture Systems. 2016. P. 165–187. DOI: 10.1007/978-3-319-23371-0_9.
5. Ореховская М.В., Корганова Н.Н. Болезни овощных культур и меры борьбы с ними: монография. М.: Росагропромиздат. 1989. 64 с.
 6. Сазонова Л.В., Власова Э.А. Корнеплодные растения (морковь, сельдерей, петрушка, пастернак, редис, редька): монография. М.: Агропромиздат, 1990. 296 с.
 7. Налобова Ю.М., Бохан А.И. Урожайность – не всегда главный критерий // Защита и карантин растений. 2014. № 8. С. 34–35.
 8. Nazarov P.A., Baleev D.N., Sokolova L.V., Ivanova M.I., Karakozova M.V. Infectious Plant Diseases: Etiology, Current Status, Problems and Prospects in Plant Protection // Acta Naturae. 2020. Vol. 12 (3). P. 46–59. DOI: 10.32607/actanaturae.11026.
 9. Leunov V.I., Sokolova L.M., Beloshapkina O.O., Khovrin A.N. Resistance of carrots to *Alternaria* sp., *Fusarium* sp. // And factors influencing it. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 624 (1). P. 012010. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012010.
 10. Mamgain A., Roychowdhury R., Tah J. *Alternaria* pathogenicity and its strategic controls // Biological Research. 2013. Vol. 1. P. 1–9.
 11. Czisłowski E., Fraser-Smith S., Zander M., O'Neill W.T., Meldrum R.A., Tran-Nguyen L.T. Investigating the diversity of effector genes in the banana pathogen, *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense, reveals evidence of horizontal gene transfer. // Molecular Plant Pathology. 2017. Vol. 19 (5) P. 1155–1171. DOI: 10.1111/mp.12594 [Epub ahead of print].
 12. Соколова Л.М. Отбор генисточников устойчивости моркови столовой к болезням прр. *Fusarium* и *Alternaria* при оценке двумя методами. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (161). С. 72–77.
 13. Алексеева К.Л., Иванова М.И. Болезни зеленных овощных культур (диагностика, профилактика, защита): монография. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. 188 с.
 14. Karaoglanidis G., Luo Y., Michailides T. Competitive ability and fitness of *Alternaria alternata* isolates resistant to QoI fungicides // Plant Dis. 2011. Vol. 95. P. 178–182. DOI: 10.1094/PDIS-07-10-0510.
 15. Соколова Л.М., Егорова А.А. Экспресс-оценка устойчивости моркови столовой к грибным болезням прр. *Alternaria* и *Fusarium* на фильтрат культуральной жидкости. // Вестник Алтайского аграрного университета. 2019. № 3 (173). С. 36–42.
 16. Jauhar P.P. Modern biotechnology as an integral supplement to conventional plant breeding: the prospects and challenges // Crop Science. 2006. Vol. 46 (5). P. 1841–1859. DOI: 10.2135/cropsci2005.07-0223.

REFERENCES

1. Leunov V.I. Trends in breeding and seed production of vegetable root crops. *Kartofel i ovoshi = Potatoes and vegetables*, 2017, no. 10, pp. 6–9. (In Russian).
2. Leunov V.I. *Table root crops in Russia*. Moscow, KMK Scientific Press LTD, 2011, 258 p. (In Russian).
3. Drent A., Guest D.I. Fungal and oomycete diseases of fruit crops of tropical trees. *Annual Review of Phytopathology*, 2016, vol. 54, pp. 373–395. DOI: 10.1146/080615-095944.
4. Nicot P.S., Stewart A., Bardin M., Elad Yu. Biological control and suppression of diseases caused by botrytis by biopesticides. *Botrytis - the Fungus, the Pathogen and its Management in Agriculture Systems*, 2016, pp. 165–187. DOI: 10.1007/978-3-319-23371-0_9.
5. Orekhovskaya M.V., Korganova N.N. *Diseases of vegetable crops and measures to combat them*. Moscow, Rosagropromizdat Publ., 1989, 64 p. (In Russian).
6. Sazonova L.V., Vlasova E.A. *Root-bearing plants (carrot, celery, parsley, parsnip, radish, radish)*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1990, p. 296. (In Russian).
7. Nalobova Yu.M., Bohan A.I. Productivity is not always the main criterion. *Zaschita i karantin rastenii = Plant protection and quarantine*. 2014, no. 8, pp. 34–35. (In Russian).
8. Nazarov P.A., Baleev D.N., Sokolova L.V., Ivanova M.I., Karakozova M.V. Infectious Plant Diseases: Etiology, Current Status, Problems and Prospects in Plant Protection. *Acta Naturae*, 2020, vol. 12 (3), pp. 46–59. DOI: 10.32607 / actanaturae.11026.
9. Leunov V.I., Sokolova L.M., Beloshapkina O.O., Khovrin A.N. Resistance of carrots to *Alternaria* sp., *Fusarium* sp. *And factors influencing*

- it. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 624 (1), pp. 012010. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012010.
10. Mamgain A., Roychoudhury R., Tah J. Pathogenicity of alternaria and its strategic control. *Biological research*, 2013, vol. 1, pp. 1–9.
 11. Chislovsky E., Fraser-Smith S., Zander M., O'Neill W.T., Meldrum R.A., Tran-Nguyen L.T. A study of the diversity of effector genes in the banana pathogen, *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense, revealed evidence of horizontal gene transfer. *Molecular Plant Pathology*, 2017, vol. 19 (5), pp. 1155–1171. DOI: 10.1111/mpp.12594 [Epub ahead of print].
 12. Sokolova L.M. Selection of genetic sources of garden carrot resistance to Fusarium and Alternaria diseases when evaluated by two methods. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2018, no. 3 (161), pp. 72–77. (In Russian).
 13. Alekseeva K.L., Ivanova M.I. *Diseases of green vegetable crops (diagnosis, prevention, protection)*. Moscow, FSBI "Rosinformagrotech", 2015, 188 p. (In Russian).
 14. Karaoglanidis G., Luo Yu., Michailidis T. Competitiveness and suitability of Alternaria alternata isolates resistant to QoI fungicides. *Plant Dis*, 2011, vol. 95, pp. 178–182. DOI: 10.1094/PDIS-07-10-0510.
 15. Sokolova L.M., Egorova A.A. Rapid evaluation of garden carrot resistance to fungal diseases of genera Alternaria and Fusarium on culture liquid filtrate. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2019, no. 3 (173), pp. 36–42. (In Russian).
 16. Jauhar P.P. Modern biotechnology as an integral complement to traditional plant breeding: prospects and problems. *Crop Science*, 2006, vol. 46 (5), pp. 1841–1859. DOI: 10.2135/cropsci2005.07-0223.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Соколова Л.М.**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 140153, Московская область, Раменский район, д. Верея, строение 500; e-mail: lsokolova74@mail.ru.

AUTHOR INFORMATION

✉ **Lyubov M. Sokolova**, Doctor of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 500, Vereya village, Ramensky district, Moscow region, 140153, Russia; e-mail: lsokolova74@mail.ru.

Дата поступления статьи / Received by the editors 11.04.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 22.07.2022

Дата публикации / Published 26.09.2022



ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНТОМОЛОГИЯ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

✉ Андреева И.В., Шаталова Е.И., Ульянова Е.Г., Ходакова А.В.,
Агриколянская Н.И., Голохваст К.С.

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

✉ e-mail: iva2008@ngs.ru

Представлены направления технической энтомологии, включающие производство живых насекомых и продуктов их жизнедеятельности, переработку насекомыми органических отходов с получением биоудобрений. Освещены исторические аспекты становления, развития и современное состояние этой практической отрасли биотехнологии в России и в других странах. Разведение насекомых и клещей предусматривает их использование в качестве опылителей растений; энтомофагов и гербифагов – для защиты культурных растений от вредителей и сорняков; фитофагов, служащих в качестве тест-объектов, – для оценки средств контроля их численности; кормовых видов насекомых – для кормления домашних и сельскохозяйственных животных. Затронута проблема редких и исчезающих видов полезных насекомых. Показана необходимость их искусственного разведения с целью дальнейшего обогащения ими агро- и биоценозов. Проанализирован опыт использования разных видов насекомых для переработки отходов органического происхождения с получением зоогумуса. Отмечено важное практическое значение биологически активных веществ, получаемых от представителей класса Insecta. Помимо традиционных продуктов жизнедеятельности насекомых (продукты пчеловодства, шелководства), на мировом рынке пользуются спросом белковый концентрат, хитин и его производные, комплекс жирных кислот, органические формы минеральных веществ, меланины, антимикробные пептиды, гормоны насекомых, нашедшие применение в медицине и ветеринарии, косметологии, животноводстве, растениеводстве и защите растений, пищевой промышленности и в других отраслях человеческой деятельности. Рассматривается вопрос о возможности и целесообразности использования белковой муки, полученной из ряда видов насекомых, для питания человека. В обзоре основной акцент сделан на достижениях и опытных разработках в области технической энтомологии, полученных учеными и практиками в условиях Западной Сибири.

Ключевые слова: технобиоценоз, фитофаги, энтомофаги, кормовые насекомые, продукты жизнедеятельности насекомых

TECHNICAL ENTOMOLOGY: HISTORY, CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

✉ Andreeva I.V., Shatalova E.I., Uyanova E.G., Khodakova A.V.,
Agrikolyanskaya N.I., Golokhvast K.S.

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

✉ e-mail: iva2008@ngs.ru

Areas of technical entomology, including the production of living insects and their products, processing of organic waste by insects to produce bio-fertilizers are presented. Historical aspects of the formation, development and current state of this practical branch of biotechnology in Russia

and other countries are covered. Breeding insects and mites includes their use as plant pollinators; entomophages and herbophages - to protect cultivated plants from pests and weeds; phytophagans serving as test objects - to evaluate means of controlling their numbers; feeder insect species - to feed domestic and farm animals. The problem of rare and endangered species of useful insects is touched upon. The necessity of their artificial breeding for further enrichment of agro- and biocenoses is shown. The experience of using different types of insects to process waste of organic origin to produce zoogumus is analyzed. The important practical value of biologically active substances derived from members of the class Insecta are noted. In addition to traditional insect products (bee products, sericulture products), protein concentrate, chitin and its derivatives, complex fatty acids, organic forms of minerals, melanins, antimicrobial peptides, insect hormones, which find use in medicine and veterinary medicine, cosmetology, animal husbandry, crop production and plant protection, food industry and other areas of human activity are in demand in the global market. The question of the possibility and expediency of using protein meal obtained from a number of insect species for human nutrition is being considered. The review focuses on the achievements and experiential developments in technical entomology obtained by scientists and practitioners in the conditions of Western Siberia.

Keywords: technobiocenosis, phytophagans, entomophages, feeder insects, insect waste products

Для цитирования: Андреева И.В., Шаталова Е.И., Ульянова Е.Г., Ходакова А.В., Агриколянская Н.И., Голохваст К.С. Техническая энтомология: история, современное состояние и перспективы развития // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 32–47. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-4>

For citation: Andreeva I.V., Shatalova E.I., Ulyanova E.G., Khodakova A.V., Agrikolyanskaya N.I., Golokhvast K.S. Technical entomology: history, current state and prospects of development. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 32–47. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Техническая энтомология как отдельная отрасль биотехнологии в России сформирована в 70–80-е годы XX в. и в настоящее время имеет непосредственное отношение ко многим областям человеческой деятельности. Основной целью технической энтомологии является изучение теоретических и практических аспектов воспроизводства культур насекомых как искусственных популяций с заданными свойствами в условиях технобиоценоза. Под технобиоценозом понимают жизненную систему искусственной популяции, упрощенную по пищевым связям, стабильную по условиям существования и направленно контролируруемую экспериментатором. Это замкнутая биотехнологическая экосистема, созданная человеком [1, 2].

Началом формирования нового направления в биотехнологии послужило проведенное в 1984 г. Всесоюзное совещание «Современные вопросы биотехнологии», где

впервые насекомые рассматривались как объекты этой науки. В 1986 г. состоялась первая Всесоюзная конференция по промышленному разведению насекомых, где определились основные задачи технической энтомологии¹, а также выделены три ее ключевых направления:

- производство живых насекомых, используемых в различных целях;
- переработка насекомыми органических отходов с получением биоудобрений;
- производство продуктов жизнедеятельности насекомых.

Сформулированные в 80-е годы прошлого столетия направления технической энтомологии не потеряли актуальности и в настоящее время. Каждое из данных направлений на современном этапе включает еще более широкий круг задач.

Цель статьи – проанализировать исторические аспекты и современное состояние

¹Тамарина Н.А. Зоокультуры как искусственные популяции // Тезисы докладов первого Всесоюзного совещания по проблемам зоокультуры. М., 1986. Ч. 1. С. 69–72.

научных и практических направлений использования насекомых и продуктов их жизнедеятельности для нужд человека, а также оценить перспективы дальнейшего развития методов технической энтомологии, в том числе в Западно-Сибирском регионе.

Производство живых насекомых, используемых в различных целях. Целенаправленное разведение насекомых и клещей (которые также являются объектами технической энтомологии) предполагает реализацию различных задач. В качестве насекомых-опылителей разводят шмелей, медоносных пчел, пчел-листорезов. Опыление сельскохозяйственных культур насекомыми многократно увеличивает урожайность и качество семян и плодов [3, 4]. В целом насчитывается более 100 видов сельскохозяйственных культур, которые нуждаются в перекрестном опылении насекомыми. К ним относятся гречиха, подсолнечник, эспарцет, горчица, рапс, арбузы, дыни, тыквы, огурцы, кабачки, семенники капустовых растений, лука, многие плодово-ягодные культуры. По данным Ш.Р. Суяркулова², в Ферганской долине урожайность плодов миндаля при дополнительном опылении пчелами увеличивалась в 17 раз, яблонь и слив – соответственно в 8 и 11 раз. Использование медоносных пчел в качестве опылителей позволяет фермерам, выращивающим плодово-ягодную продукцию, повысить доход от их применения в 10–12 раз. В Западной Сибири сотрудниками Сибирского научно-исследовательского института земледелия и химизации (СибНИИЗХим) разработана методика ускоренного выведения шмелиных семей и их использования, позволяющая вдвое увеличить семенную продуктивность клевера [5], а также рекомендации³ по охране и рациональному использованию диких одиночных пчел, гнездящихся в почве, для опыления люцерны. Получение пчелоопыляемых гибридов огурца и томата в совре-

менном тепличном овощеводстве становится невозможным без использования специально разводимых шмелей. В настоящее время в России их используют практически во всех крупных тепличных хозяйствах. Из известных 300 видов шмелей на практике используется преимущественно один вид – крупный земляной шмель (*Bombus terrestris* L.)⁴. Ведущими производителями коммерческих шмелей в мире являются компании BioBest (Бельгия), Koppert (Нидерланды) и BioBee (Израиль). На российском рынке на сегодняшний день остались только компании «Компас» и «Бамблби Компани», производящие соответственно около 10 тыс. и 30 тыс. шмелиных колоний в год⁵.

Необходимо отметить, что в последнее время в России, как и во всем мире, часто регистрируют массовую гибель пчелиных семей на пасеках из-за нарушений технологий использования инсектицидов [6], сокращение числа природных популяций пчел и шмелей под влиянием антропогенных факторов и изменения климатических условий [7, 8]. В связи с этим искусственное разведение и применение насекомых-опылителей является одной из важнейших задач в растениеводстве.

Некоторые виды насекомых выращивают и используют в качестве корма для животных. Домашние и экзотические виды животных – ящерицы, земноводные, некоторые млекопитающие, птицы, рыбы – охотно используют в пищу насекомых, особенно в живом виде. Из кормовых видов наибольшим спросом пользуются представители отрядов прямокрылых насекомых (сверчки, кузнечики, саранчовые), таракановых (мраморный, туркменский, мадагаскарский тараканы), жесткокрылых (большой и малый мучные хрущаки, зофобас), двукрылых (личинки разных видов мух, комары-звонцы) и др. [9–12]. Эта продукция в последнее вре-

²Суяркулов Ш.Р. Роль опылителей в условиях интенсивного земледелия. Состав. URL: <http://asprus.ru/blog/rol-opylitelej-v-usloviyah-intensivnogo-zemledeliya/>

³Земляные пчелы – опылители люцерны Новосибирской и Омской областей: метод. рекомендации / Состав. В.С. Гребенников. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1983. 12 с.

⁴Технология промышленного разведения шмелей. Использование шмелей в современных тепличных предприятиях. URL: <https://www.shmel.org/article/article.php?storyid=5>

⁵Коммерческое разведение шмелей. URL: <https://zen.yandex.ru/media/pchelovod/kommercheskoe-razvedenie-shmelei-5c626ef1ad73a000adfe2eaf>

мя становится все более востребованной в зоомагазинах, зоопарках, у заводчиков экзотических видов домашних питомцев.

Большой блок в технической энтомологии занимает разведение насекомых в целях защиты растений. Насекомых-фитофагов разводят в качестве тест-объектов для определения эффективности инсектицидов, оценки устойчивости растений к вредителям, генетических методов борьбы (получения стерильных насекомых), разведения энтомофагов и наработки энтомопатогенов. В настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом, известно большое количество методик и способов разведения тех или иных видов растительноядных насекомых, в том числе особо опасных вредителей. В лаборатории биометода СибНИИЗХим СО ВАСХНИЛ были разработаны методики разведения лугового мотылька⁶ и других чешуекрылых вредителей, предназначенных для оценки биологических средств защиты растений и наработки энтомопатогенных вирусов, служащих основой биопрепаратов. В настоящее время в лаборатории биологического контроля фитофагов и фитопатогенов Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук – СФНЦА РАН (приемник СО ВАСХНИЛ и РАСХН) разработана методика массового размножения капустной моли⁷, содержатся маточные культуры лугового и кукурузного мотыльков, ряда других растительноядных насекомых и клещей, а также ряда видов кормовых насекомых (см. рисунок).

Разведение гербифагов в нашей стране крайне ограничено и предназначено в основном для биоконтроля карантинных видов сор-

няков. К ним относятся, например, муха-фитомиза *Phytomyza orobanchia* Wert., повреждающая завязи и незрелые семена злостного сорняка заразики, полосатый листоед *Zygogramma saturalis* F., питающийся карантинным сорняком амброзией полынолистной, для которых разработаны способы их разведения^{8,9} [13]. В Западной Сибири (Новосибирская область) в 1966–1967 гг. по программе обмена гербифагами для биологической борьбы с сорняками изучали насекомых, питающихся на сорных артишоковых (семейство Сложноцветные). Изучение местных фитофагов проводили с целью выявления возможности интродукции перспективных видов в Канаду. В частности, выявлен большой видовой состав насекомых, повреждающих вегетативные и генеративные органы бодяка щетинистого, чертополоха курчавого, василька шероховатого, определена их эффективность в природных условиях [14, 15]. Однако в связи с отсутствием дальнейшего финансирования темы исследования в этом направлении прекратились, а возможности развития биометода для регуляции численности сорняков до сих пор остаются нереализованными.

Одним из наиболее перспективных сегментов российского рынка биологических средств защиты растений в настоящее время является производство энтомофагов^{10–12}. В частности, с начала XXI в. значительно расширился ассортимент энтомофагов и акарифагов, применяемых для защиты сельскохозяйственных, лесных и декоративных культур от вредителей. По данным Л.П. Красавиной¹³, на период 2013 г. на ми-

⁶Определение биологической активности препарата ЛЕСТ (лепидодида стабилизированного порошка) на луговом мотыльке: метод. рекомендации / Сост. М.В. Штерншис, Н.И. Ермакова, Э.Р. Зурабова, Ф.С. Исангалин. М., 1990. 14 с.

⁷Андреева И.В., Шаталова Е.И., Ульянова Е.Г. Способ разведения капустной моли *Plutella xylostella* L. Патент № 2735251 от 29.10.2020.

⁸Бронштейн Ц.Г. Биологический способ борьбы с заразихой (Orobanchaceae). Патент № 1136388/30-15, 1967.

⁹Штерншис М.В., Томилова О.Г., Андреева И.В., Шпатов Т.В. Биотехнология в защите растений: электронное учебное пособие. Новосибирск: НГАУ, 2015.

¹⁰Рынок биологических средств защиты растений. URL: <http://биомедиа.рф/biznes/marketing/348-rynok-biologicheskikh-sredstv-zaschity-rasteniy.html>

¹¹Челябинский агрохолдинг «Чурилово» вложит 9 млрд рублей в производство энтомофагов. URL: <http://greentalk.ru/topic/4922/>

¹²Использование и замена агентов биологической защиты продуктов питания и сельскохозяйственных культур. Доклад МОБЗР. URL: http://www.iohc-global.org/download/Executive_Summary_FAO_report_2009_Russian.pdf

¹³Красавина Л.П. Проблемы массового разведения энтомофагов в тепличных комбинатах России // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: материалы 3-го Всероссийского съезда по защите растений. СПб., 2013. С. 68–70.



Виды кормовых насекомых: а – большой мучной хрущак *Tenebrio molitor* L.(имаго); б – *Tenebrio molitor* L. (личинки); в – зофобас *Zophobas morio* Fabr. (имаго); г – *Zophobas morio* Fabr. (личинки); д – таракан черный *Pycnoscelus nigra* Brun.; е – таракан мраморный *Nauphoeta cinerea* Oliver; ж – сверчок домовый *Acheta domestica* L.; з – черная львинка (*Hermetia illucens* L.)

Species of feeder insects: а - yellow mealworm beetle *Tenebrio molitor* L. (adult insects); б – *Tenebrio molitor* L. (larvae); в – superworm *Zophobas morio* Fabr. (adult insects); г – *Zophobas morio* Fabr. (larvae); д – cockroach *Pycnoscelus nigra* Brun.; е – marble cockroach *Nauphoeta cinerea* Oliver; ж – cricket *Acheta domestica* L.; з – black soldier fly *Hermetia illucens* L.

ровом рынке энтомоакарифагов, используемых только в условиях защищенного грунта, представлены культуры более 90 видов полезных насекомых и клещей, в то время как в 1990 г. их было не более 50, в 1985 г. – только 20. Ежегодно список энтомофагов, используемых на практике в РФ и в других странах, пополняется новыми видами.

В условиях Сибирского региона в 80-х годах XX в. энтомофагов нарабатывали и применяли преимущественно в условиях защищенного грунта. Например, в биолaborаториях при тепличных комбинатах «Кировец» и «Иня» (Новосибирск) разводили и применяли фитосейулюса для регуляции численности паутинного клеща, энкарзию – против тепличной белокрылки, афидиуса – против тлей¹⁴. В настоящее время в таких крупных тепличных комплексах, как «Новосибирский», «Толмачевский», ассортимент импортных и собственно произведенных энтомофагов и опылителей значительно расширился и включает более 10 видов.

Учитывая современные реалии, обусловленные изменениями климата в Сибири, становится возможным и целесообразным использование энтомоакарифагов в регуляции численности вредителей не только в условиях защищенного, но и открытого грунта¹⁵. Особенно актуально использование энтомофагов для получения продукции органического земледелия. Все больший спрос на биологические средства, в том числе на полезных насекомых и клещей, появляется у индивидуальных предпринимателей (фермеров) и частных лиц.

В этом контексте нельзя обойти еще и такую проблему, как сохранение редких и исчезающих насекомых. Во всем мире регулярно регистрируют случаи сокращения

численности или исчезновения тех или иных видов насекомых, в том числе хищных или паразитических, в результате существенно увеличивается количество вредителей. Например, в 1971, 1972 гг. в Среднем Приобье (Западная Сибирь) на растениях желтой акации, вязе и шиповнике, заселенных паутинным клещом, находили на одном листе до 5–12 личинок его специализированного хищника стеторуса точечного *Stethorus punctillum* Ws. [16]. Исследования последних лет (2019 г.), проведенные в этой же зоне, показали, что в годы с массовым размножением паутинных клещей на различных культурных и дикорастущих растениях в открытом грунте стеторуса находили в ограниченных количествах¹⁶. О сокращении численности *S. punctillum* в разных зонах его обитания сообщали также и другие исследователи [17]. Такая ситуация приводит к необходимости внутриареального расселения кокцинеллид¹⁷ или массового разведения с последующим выпуском в агро- и биоценозы.

Для биологического контроля фитофагов представляют интерес хищные клопы из семейства Pentatomidae. Известна эффективность интродуцированных в нашу страну клопов *Podisus maculiventris* Say и *Perillus bioculatus* Fab., предназначенных для контроля численности колорадского жука и некоторых других вредителей [18, 19]. Однако аборигенные виды – представители родов *Arma*, *Troilus*, *Rhacognathus*, *Jalla*, *Zicrona*, *Picromerus* – могут стать источником для получения новых агентов биологической защиты растений.

Так, зикрона голубая *Zicrona caerulea* L. играет важную роль в биорегуляции численности фитофагов в агроценозах картофе-

¹⁴ Андреева И.В. Микробиологический контроль обыкновенного паутинного клеща (*Tetranychus urticae* Koch.) в защищенном грунте: дис... канд. с.-х. наук. Новосибирск, 1996. 175 с.

¹⁵ Андреева И.В., Цветкова В.П., Зенкова А.А. Перспективы использования энтомоакарифагов для биологического контроля фитофагов в условиях Сибирского региона // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. трудов науч.-практ. конф. преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов, посвященный 80-летию Новосибирского ГАУ. Т. «Сельскохозяйственные науки. Биологические науки. Ветеринарные науки». Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2016. С. 3–6.

¹⁶ Андреева И.В., Ульянова Е.Г., Шаталова Е.И. Обыкновенный паутинный клещ и его акарифаги в биоценозах открытого грунта Западной Сибири // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Белоруссии, Китая и Болгарии: материалы 22-й междунар. науч.-практ. конф. Красноярск: СФНЦА РАН, 2019. С. 77–78.

¹⁷ Карбозова Б.Е. Хозяйственное значение хищных кокцинеллид-энтомофагов. URL: http://www.rusnauka.com/1_NNM_2015/Biologia/7_185104.doc.htm

ных полей [20]. В частности, В.П. Петрова приводит сведения о том, что в мае 1967 г. на юге Сибири этот вид был достаточно многочисленным, и на каждые 25 взмахов сачком приходилось в среднем по 6 особей зикрон¹⁸. В энтомологических сборах 2021 г. в восточных районах Западной Сибири найдены лишь единичные особи *Z. caerulea*. Также ограниченно встречается в нашем регионе и щитник двузубый *Picromerus bidens* L., в число жертв которого входят около 250 видов насекомых различных отрядов, в связи с этим данный вид является чрезвычайно перспективным для массового разведения.

С учетом несомненной роли в регуляции численности вредных членистоногих, перечисленные выше и многие другие виды энтомофагов нуждаются в охране и искусственном разведении для последующего обогащения агро- и биocenozов. Уникальный опыт сохранения биоразнообразия насекомых в природных ценозах впервые реализован в условиях Сибири. По инициативе выдающегося энтомолога В.С. Гребенникова, нашего земляка, создан первый в стране микрозаповедник для охраны полезных насекомых в Омской области в 1971 г. Позже такие микрозаказники созданы под Новосибирском на землях Сибирского научно-исследовательского института кормов (1979 г.) [5], в ОПХ «Элитное» Новосибирской области (1987 г.)¹⁹. К сожалению, в настоящее время эти микрозаказники не поддерживаются.

Переработка насекомыми органических отходов с производством биоудобрений. Жизнедеятельность человека и выращивание сельскохозяйственных животных приводит к накоплению огромного количества органических и неорганических отходов, требующих их утилизации. Одним из способов конверсии органических отходов (пищевые отходы и отходы мясного производства, помет птиц и навоз животных и др.) для вторичного использования является их перера-

ботка насекомыми с получением органического удобрения, или зоогумуса.

Первыми в нашей стране начали исследования по переработке свиного навоза личинками комнатной мухи (*Musca domestica*) ученые Новосибирского сельскохозяйственного института (в настоящее время – НГАУ). Разработанная технология включала разведение отселектированной популяции мухи «Новосибирская» и собственно переработку субстрата личинками с получением зоогумуса, содержащего целый набор макро- и микроэлементов и белковой личиночной муки. По данным разработчиков, из 1 т свиного навоза или куриного помета получали до 80–90 кг личинок и 400–450 кг зоогумуса [21]. В дальнейшем в разных регионах страны стали заниматься переработкой куриного, перепелиного помета, навоза других животных, в том числе и с использованием зеленых падальных мух (род *Lucilia*).

В настоящее время одним из наиболее эффективных видов является черная львинка (*Hermetia illucens*). Ее разводят во многих странах мира [22, 23], однако лидером по переработке пищевых и органических отходов в настоящее время признается Китай, где программа строительства заводов по разведению этого вида насекомого пользуется поддержкой государственных структур и включена в список приоритетных направлений²⁰.

В России изучением биоэкологических особенностей *H. illucens* занимается Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова (ИПЭЭ РАН) и другие научные учреждения. Результаты исследований подтвердили, что к преимуществам данного вида мух тропического происхождения относится то, что они не являются переносчиком инфекций и не способны выживать вне биолaborаторий в условиях нашего климата [24, 25]. Массовым разведением черной львинки в России занимаются несколько

¹⁸Петрова В.П. Щитники Западной Сибири (Hemiptera, Pentatomidae): пособие для студентов и преподавателей. Новосибирск: НГПИ, 1975. 235 с.

¹⁹Музей агроэкологии и охраны окружающей среды (проспект). Новосибирск, 1988. 18 с.

²⁰Государственная программа Китая по переработке сельхозотходов с помощью личинок мух *Hermetia illucens*. URL: http://www.nasadki.net/index/kita_j_stanovitsja_mirovym_liderom_po_razvedeniju_oparysha_na_pishhevykh_otkhodakh/0-593

компаний, территориально расположенных в Европейской части страны: ООО «Энтопротэк» (Международная биотехнологическая компания), ООО «ЭкоБелок» (Москва), ООО «Биогенезис» (Москва).

Компания «Энтопротэк» запатентовала уникальную технологию по переработке органических отходов с помощью личинок *H. illucens* и построила завод в Пензенской области, где только в 2021 г. переработано 5,5 тыс. т органических отходов, что позволило не только получить полезную продукцию, но и значительно снизить выбросы парниковых газов по сравнению с другими методами переработки. В дальнейшем компания рассматривает возможность расширения производственных мощностей по переработке органических отходов, а также масштабирование проекта как в России, так и за рубежом²¹.

Кроме личинок двукрылых, переработка отходов органического происхождения возможна с использованием некоторых видов тараканов, жуков, личинок чешуекрылых насекомых.

Относительно недавно зафиксированы факты питания некоторых насекомых пластиком²². Биотехнологи из Якутии провели эксперимент, в ходе которого установили, что жуки *Zophobas morio* Fabr. могут поедать и разлагать пластик. С помощью метода газовой хроматографии они определили, что и в личинках, питавшихся пластиком, и в их экскрементах он практически отсутствует, так как расщепляется на вторичные метаболиты и октакозан. Опираясь на эти данные, исследователи создали портативные министанции для утилизации пластика с помощью жуков в домашних условиях и в офисных помещениях²³.

Несколько ранее сообщалось об открытии способности большой вощинной огневки *Galleria mellonella* L. поедать полиэ-

тилен²⁴. Однако этот факт был давно известен ученым, проводивших эксперименты с галлерией в качестве тест-объектов: содержание гусениц этого насекомого предполагало использование стеклянных емкостей и металлических крышек, так как полиэтиленовые крышки легко прогрызали гусеницы старших возрастов. При этом данная способность личинок не рассматривалась в качестве возможности использования их для переработки пластиковых отходов в связи с малыми количествами перерабатываемого сырья.

Производство продуктов жизнедеятельности насекомых. Это направление известно издавна благодаря развитию пчеловодства и шелководства. Помимо традиционных видов сырья (мед, воск, шелк, лак и др.), в настоящее время востребованы и многие другие продукты, получаемые из насекомых. Из высушенных (или лиофилизированных) насекомых получают высококачественную белковую муку, содержащую ряд ценных веществ. У истоков этого направления в России стояли ученые Новосибирского сельскохозяйственного института. Разработанная в проблемной лаборатории института биотехнология переработки органических отходов с помощью личинок комнатной мухи позволяла получать не только органическое удобрение (как отмечено выше), но и высокоценный белково-липидный концентрат, содержащий незаменимые аминокислоты и биологически активные вещества. Корм, обогащенный белковой мукой насекомых, обеспечивал высокую продуктивность животных, птицы, рыбы, насекомых, микроорганизмов и устойчивость растений к заболеваниям. Из 100 кг личинок комнатной мухи производили 18–20 кг белково-липидной муки [21].

²¹«Энтопротэк» переработала 5,5 тысячи тонн органических отходов при помощи черной львинки. URL: <https://www.agroxxi.ru/stati/-yentoprotyek-pererabotala-5-5-tysjachi-tonn-organicheskikh-othodov-pri-pomoschi-chnoi-lvinki.html>

²²Carrington D. Microplastics can spread via flying insects, research shows. URL: <https://www.theguardian.com/environment/2018/sep/19/microplastics-can-spread-via-flying-insects-research-shows#img-1>

²³Жуки едят пластик – их научились разводить в Якутии. URL: <https://goarctic.ru/news/zhuki-edyat-plastik-ikh-nauchilis-razvodit-v-yakutii/>

²⁴Барина А. Гусеницы спасут мир от пластика. URL: <https://nat-geo.ru/nature/gusenitsy-spasut-mir-ot-plastika/> National Geographic Россия, 2017.

В настоящее время производством кормового белка из личинок мух популяции *Lucilia Caesar* при переработке измельченных мясных отходов занимается липецкая компания «Новые биотехнологии»²⁵. Компания «ИнагроБио» (Ярославская область), специализирующаяся на аквакультуре, осуществляет разведение домашней мухи (*Musca domestica*) для обеспечения мальков кормами собственного производства²⁶.

Кормовой белок для животных производят также компании «Энтопротэин»²⁷, «Биогенезис»²⁸, «ЭкоБелок», архангельский «НордТехСад», используя для этого черную львинку. Личинки этой мухи содержат около 40% протеина и около 40% жира, богаты кальцием, фосфором. По результатам исследований ставропольской и белгородской межобластных ветеринарных лабораторий Россельхознадзора, мука, полученная из них, не токсична, не содержит условно-патогенных грибов и бактерий²⁹.

Белковую муку применяют и для включения в искусственно питательную среду (ПС) при массовом разведении самих насекомых. Известно, что ПС для разведения полезных видов членистоногих, как правило, включает дефицитные и дорогостоящие компоненты, а их замена на более доступную муку из насекомых позволяет значительно удешевить состав среды, сохраняя при этом ее питательную ценность. В Новосибирском ГАУ разработана питательная среда для насекомых-фитофагов с включением высушенной личиночной муки мух. Замена соевой муки на личиночную муку в ПС для пчелиной огневки позволила на

10% увеличить среднюю массу имаго и на 34% плодовитость самок³⁰. Эта же личиночная мука необходима и для включения в ПС для культивирования энтомопатогенных грибов – продуцентов инсектицидных препаратов. Известно, что для повышения вирулентности штаммов грибных патогенов прибегают к пассированию их через насекомого-хозяина, что является трудоемким, достаточно длительным и дорогостоящим процессом. Включение личиночной муки насекомых в состав питательной среды позволяет получить высоковирулентные штаммы, значительно сокращая и удешевляя эту процедуру³¹. Также сибирскими учеными разработана питательная среда для культивирования энтомопатогенных грибов, состоящая из смеси измельченных личинок синантропных мух, древесных опилок и пшена³².

Белковая мука и пищевые добавки, произведенные на основе биомассы насекомых, в настоящее время рассматриваются и для включения в рацион питания человека [26]. К основным игрокам рынка продуктов из биомассы насекомых в мире относятся компании Entomotech (Испания), Meertens (Нидерланды), Agriprotein (Великобритания-ЮАР), Ynsect (Франция), Proteinsect (Нидерланды), Protix (Нидерланды), Enterra (Канада), Big Cricket Farms (США). ФАО прогнозирует рост рынка съедобных насекомых к 2023 г. до 1,2 млрд дол. Однако не все эксперты в данной области относятся к этому столь оптимистично. Есть мнение, что производство и использование в России пищевых продуктов, полученных на осно-

²⁵Переработка органических отходов сельского хозяйства личинками мух с получением белка для животных, птицы и рыбы, и получением органических удобрений. URL: <https://www.zooprotein.com/>

²⁶Протеин XXI века: сверчки, тараканы и личинки мух. URL: <https://agrarii.com/protein-xxi-veka-sverchki-tarakany-i-lichinki-muh>

²⁷Максимов А.Н., Зорин Г.В. Способ выращивания личинок мух и переработки органических отходов – Энтопротэин. Патент 2 734 522 С1, 2020.

²⁸Бабаев Н.А., Бастраков А.И., Соколов И.В. Способ переработки органических отходов личинками мух *Hermetia illucens* с получением белка животного происхождения и биогумуса. Патент 654 220 С1, 2017.

²⁹Протеин XXI века: сверчки, тараканы и личинки мух. URL: <https://agrarii.com/protein-xxi-veka-sverchki-tarakany-i-lichinki-muh>

³⁰Штерниис М.В., Томилова О.Г., Андреева И.В., Шнатов Т.В. Биотехнология в защите растений: электронное учебное пособие: Новосибирск: НГАУ, 2015.

³¹Томилова О.Г., Усова О.Н., Штерниис М.В. Модификация среды для культивирования энтомопатогенных грибов // Современная микология в России: тез. докл. Первого съезда микологов России. М., 2002. 214 с.

³²Штерниис М.В., Сороколетов О.Н. Томилова О.Г., Андреева И.В. Питательная среда для культивирования энтомопатогенных грибов. Патент на изобретение № 2421512, 2011.

ве биомассы насекомых, бесперспективно вследствие ряда причин. В частности, отмечается, что возможное отрицательное воздействие продуктов из насекомых на человека еще плохо изучено³³. Тем не менее, такие протеиновые добавки начали производить и в нашей стране. Например, ООО «Кормилица» (Москва) предлагает для спортсменов белково-липидный концентрат (БЛК) из высушенных личинок мух черной львинки, содержащий 46–50% протеина и 14–28% жира³⁴.

Важное практическое значение имеют отдельные биологически активные вещества насекомых. На мировом рынке пользуются спросом хитин и его производное – хитозан, комплекс жирных кислот, органические формы минеральных веществ, меланины, антимикробные пептиды, гормоны и др.

В настоящее время известно более 70 направлений практического применения хитина (хитозана) и их разнообразных модификаций и композитов. По мнению ряда исследователей, хитин из насекомых по качеству в 20–50 раз превосходит хитин ракообразных [27–29].

В медицине и ветеринарии используют такие свойства хитозана и его производных, как высокая ранозаживляющая и сорбционная способность, противоопухолевая, противовирусная, антибактериальная и антиоксидантная активность, способность снижать уровень холестерина в крови, иммуномодулирующее и успокаивающее действие на центральную нервную систему, благодаря чему эти биополимеры широко используются в разработке новых перспективных лекарственных препаратов, средств доставки лекарств, раневых покрытий и шовных материалов для медицины, косметологических средств, радиопротекторов и др. [28–35].

В пищевой промышленности хитозан находит применение в качестве диетического волокна, эмульгатора, загустителя и др. На базе ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горба-

това РАН ведут работы по созданию биогибридного упаковочного материала на основе хитозана с включением различных антимикробных агентов животного происхождения. Такие пленочные материалы проявляют консервирующее действие, предотвращают микробную контаминацию и окислительные процессы в мясе, что позволяет значительно увеличить его сроки хранения³⁵.

Хитин, хитозан и его производные способны образовывать прочные хелатные связи с металлами, селективно извлекать ионы ртути, кобальта, золота и других металлов из сточных вод и морской воды. Так, хитин-меланиновый комплекс благодаря высокому содержанию меланина способен эффективно связывать тяжелые металлы, радионуклиды и другие поллютанты и может найти применение в качестве сорбента для очистки воды, почвы от этих антропогенных загрязнителей [36, 37]. Обладая мощными антиоксидантными свойствами, меланин используется как средство, способствующее снижению накопления радионуклидов в организме животных и человека.

Препараты на основе хитозана нашли также применение и в сельском хозяйстве, и в защите растений. Благодаря хорошей биоразлагаемости и в то же время наличию биологической активности, хитозан используется для гранулирования удобрений, в качестве элиситора, вызывающего системную и продолжительную устойчивость растений к возбудителям различных заболеваний [35, 36]. Основываясь на противогрибном действии этого биополимера, в последние годы ученые и практики изучают возможность его применения в качестве фунгицидов. Установлено, что хитозан и его производные подавляют развитие таких экономически важных грибных фитопатогенов, как *Botrytis cinerea* Pers., *Fusarium oxysporum*, *F. moniliforme*, *Colletotrichum lagenarium* (Pass) Ell. et Halst. [38–42], возбудителей бактериальных болезней растений – *Agrobacterium tumefaciens* и *Erwinia*

³³Протеин XXI века: сверчки, тараканы и личинки мух. URL: <https://agrarii.com/protein-xxi-veka-sverchki-tarakany-i-lichinki-muh>

³⁴Кормовой белок для спортсменов (животный протеин). URL: <https://kormilitsa.com/kormovoj-belok-zhivotnyj-protein/>

³⁵О хитозане, или как наука превращает бесполезные отходы в инновации. URL: <https://rossaprimavera.ru/article/8e191caf>.

carotovora [43], а также проявляют противовирусную активность [44].

Ценным продуктом являются жирные кислоты, извлекаемые из биомассы насекомых при их переработке [45]. Разработан способ получения масла из личинок *Musca domestica*, богатого омега-3 и омега-6, омега-7 и омега-9, предназначенного для получения чистых фракций различных типов жирных кислот³⁶. Уникальный жирно-кислотный состав имеют личинки черной львинки, включая высокое содержание линолевой, олеиновой, лауриновой и других кислот, предназначенных для использования в кормопроизводстве, мыловарении, косметологии и фармацевтике [22, 25, 26].

Представленная информация была бы неполной, если не упомянуть о значении насекомых для науки и технологий. Перечень открытий, сделанных с помощью шестиногих членистоногих, достаточно обширен, результаты которых используются человеком в области сельскохозяйственного производства, в медицине, химической промышленности, инженерии и во многих других областях практической деятельности. Это и хромосомная теория наследственности, доказанная Томасом Морганом в экспериментах с плодовой мушкой дрозофилой; конструирование роботов по «прототипу» насекомых и других членистоногих; создание эффективных покрытий «Super Black» на основе изучения дифракционных решеток чешуек на крыльях бабочек, способных воздействовать на световые волны и улавливать свет и многое другое. «Изобретения» насекомых – неисчерпаемы, регулярно открываются все новые грани и возможности их мира. В связи с этим перспективы дальнейшего развития технической энтомологии чрезвычайно актуальны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Злотин А.З. Техническая энтомология: монография. Киев: Наукова думка, 1989. 184 с.
2. Тамарина Н.А. Основы технической энтомологии: монография. М: Издательство МГУ, 1990. 203 с.
3. Наумкин В.П., Мазалов В.И. Насекомые – опылители агроценозов энтомофильных культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 3 (19). С. 114–118.
4. Васильева Т.В. Видовой состав и влияние насекомых-опылителей на урожай горчицы белой // Молочнохозяйственный вестник. 2017. № 3 (27). С. 40–45.
5. Гребенников В.С. Шмели – опылители клевера: монография. М.: Россельхозиздат, 1984. 62 с.
6. Диденко А.О. Гибель пчел в России и мире: состояние проблемы // АгроФорум. 2020. № 5. С. 28–30.
7. Крыленко С.В., Ясюкевич В.В. Кризис опыления и вклад в него изменений климата // Фундаментальная и прикладная климатология. 2021. Т. 7. №. 3. С. 15–49.
8. Decourtye A., Alaux C., Le Conte Y., Henry M. Toward the protection of bees and pollination under global change: present and future perspectives in a challenging applied science // Current opinion in insect science. 2019. N 35. P. 123–131. DOI: 10.1016/j.cois.2019.07.008.
9. Ясюкевич В.В., Давидович Е.А., Ясюкевич Н.В. Особенности биологии и культивирования тараканов // Прикладная энтомология. 2012. № 3 (7). С. 17–25.
10. Колесник И.И. Энтомоиндустрия как направление импортозамещения в России // Современный научный вестник. 2016. № 4 (2). С. 33–41.
11. Васильев А.А., Кузнецов М.Ю., Серебрянский Д.М. Перспективы использования личинок мух в кормлении рыб // Рыбное хозяйство. 2017. № 3. С. 85–99.
12. Кидов А.А. Рост, выживаемость и эффективность использования различных живых кормов у гирканской луговой ящерицы, *Darevskia praticola hyrcanica* (Lacertidae, Reptilia) в зоокультуре // Современная герпетология. 2020. № 1/2. С. 35–42. DOI: 10.18500/1814-6090-2020-20-1-2-35-42.
13. Мисриева Б.У., Шаронова А.И. Эффективность амброзиевого полосатого листоеда *Zygogramma suturalis* F. в ограничении численности опасного аллергена амброзии полыннолистной // Вестник социально-педагогического института. 2014. № 2 (10). С. 41–45.

³⁶Аранеда Патрисио. Получение жирных кислот из личинок насекомых. Публикация патента: 27.01.2014.

14. Рунева Т.Д. Фитофаги – обитатели генеративных органов сорных артишоковых (сем. Compositae) в Западной Сибири // Бюллетень «Защита растений». 1973. Вып. 6. С. 19–24.
15. Рунева Т.Д. Фитофаги вегетативных органов артишоковых Synagaeae Compositae в Западной Сибири // Бюллетень «Защита растений». 1973. Вып. 6. С. 40–44.
16. Алеева М.Н. Стеторус (*Stethorus punctillum* Ws.) в Среднем Приобье // Биологические методы борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур. Новосибирск, 1975. Вып. 9. С. 29–33.
17. Пекин В.П. Эколого-фаунистический обзор кокциnellид Урала и юга Западной Сибири // Вестник Челябинского государственного университета. 2007. № 6. С. 95–107.
18. Агасьева И.С., Исмаилов В.Я., Федоренко Е.В., Неведова М.В. Разведение и применение хищных клопов пентатомид против колорадского жука // Защита и карантин растений. 2013. № 11. С. 21–23.
19. Исмаилов В.Я., Агасьева И.С., Киль В.И., Федоренко Е.В., Неведова М.В., Беседина Е.Н. Биология, фенотипическая и генотипическая структура популяций хищного клопа *Perillus bioculatus* Fabr. (Heteroptera, Pentatomidae) в Краснодарском крае // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 1. С. 110–120. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.110rus.
20. Agas'eva I.S., Ismailov V.Y., Nefedova M.V., Fedorenko E.V. The species composition and bioregulatory activity of entomophages in potato pest control system // Agricultural Biology. 2016. Vol. 51 (3). P. 401–410.
21. Гудилин И.И., Кондратов А.Ф., Баяндина Г.В., Бродская Н.М., Токарев В.С., Чичин А.А., Кунавин Г.А. Биотехнология переработки органических отходов и экология: монография. Новосибирск: Новосибирское книжное издательство, 1999. 392 с.
22. Wang Y.-S., Shelomi M. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food // Foods. 2017. Vol. 6 (10). 91 p. DOI: 10.3390/foods6100091.
23. Liu C., Wang C., Yao H. Comprehensive Resource Utilization of Waste Using the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) // Animals (Basel). 2019. Vol. 13. N 9 (6). 349 p. DOI: 10.3390/ani9060349.
24. Антонов А.М., Лутовиновас Е., Иванов Г.А., Пастухова Н.О. Адаптация и перспективы разведения мухи черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе // Принципы экологии. 2017. № 3. С. 4–19. DOI: 10.15393/j1.art.2017.6302.
25. Ушакова Н.А., Понамарев С.В., Федоровых Ю.В., Бастракова А.И., Павлов Д.С. Физиологические основы питательной ценности концентрата личинок *Hermetia illucens* в рационе рыб // Известия Российской академии наук. Серия Биология. 2020. № 3. С. 293–300.
26. Чой Е.Д., Ли В.В., Деркембаева Ж.С., Жолборсов А.А., Джурсаева С.Д., Тукушев С.К., Эшмуратов А.Б., Туркменов А.А. Глобальные перспективы использования личинок мухи черная львинка (Black soldier fly) в животноводческом корме, питании, фармакологии и косметологии (обзор литературы) // Уральский медицинский журнал. 2020. № 10. С. 193–204.
27. Веротченко М.А., Терещенко А.П., Злочевский Ф.И. Биопереработка свиного навоза – основа получения хитина и хитозана // Аграрная Россия. 2000. № 5. С. 57–59.
28. Балабаев В.С., Антипова Л.В. Хитин и хитозан – материалы XXI века // Успехи современного естествознания. 2012. № 6. С. 130–138.
29. Khayrova A., Lopatin S., Varlamov V. Obtaining chitin, chitosan and their melanin complexes from insects // International Journal of Biological Macromolecules. 2021. Vol. 167. P. 1319–1328. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.11.086.
30. Liu H.T., Li W.M., Xu G., Li X.Y., Bai X.F., Wei P., Yu C., Du Y.G. Chitosan oligosaccharides attenuate hydrogen peroxide-induced stress injury in human umbilical vein endothelial cells // Pharmacological Research. 2009. N 59. P. 167–175.
31. Xia W., Liu P., Zhang J., Chen J. Biological activities of chitosan and chitoooligosaccharides // Food Hydrocolloids. 2011. N 25. P. 170–179.
32. Zou P., Yang X., Wang J., Li Y., Yu H., Zhang Y., Liu G. Advances in characterisation and biological activities of chitosan and chitosan oligosaccharides // Food Chemistry. 2015. N 190. P. 1174–1181. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.06.076.
33. Chang S.H., Wu C.H., Tsai G.J. Effects of chitosan molecular weight on its antioxidant and antimutagenic properties // Carbohydrate Polymers. 2018. N 181. P. 1026–1032. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.11.047.
34. Anraku M., Gebicki J.M., Iohara D., Tomida H., Uekama K., Maruyama T., Hirayama F., Otagi-

- ri M. Antioxidant activities of chitosans and its derivatives in in vitro and in vivo studies // *Carbohydrate Polymers*. 2018. N 199. P. 141–149.
35. Варламов В.П., Ильина А.В., Шагдарова Б.Ц., Луньков А.П., Мысякина И.С. Хитин/хитозан и его производные // *Успехи биологической химии*. 2020. Т. 60. С. 317–368.
36. Курченко В.П., Буга С.В., Петрашкеви Н.В., Буткевич Т.В., Ветошкин А.А., Демченков Е.Л., Лодыгин А.Д., Зуева О.Ю., Варламов В.П., Бородин О.И. Технологические основы получения хитина и хитозана из насекомых // *Труды Белорусского государственного университета*. 2016. Т. 11. Ч. 1. С. 110–126.
37. Тарановская Е.А., Собгайда Н.А., Маркина Д.В. Сорбционные материалы на основе хитозана для очистки стоков от ионов тяжелых металлов // *Экология и промышленность России*. 2016. № 20 (5). С. 34–39. DOI: 10.18412/1816-0395-2016-5-34-39.
38. Guo Z., Xing R., Liu S., Zhong Z., Ji X., Wang L., Li P. Antifungal properties of Schiff bases of chitosan, N-substituted chitosan and quaternized chitosan // *Carbohydrate Research*. 2007. N 342. P. 1329–1332.
39. Park Y., Kim M.-H., Park S.-C., Cheong H., Jang M.-K., Nah J.-W., Hahm K.-S. Investigation of the antifungal activity and mechanism of action of LMWS- chitosan // *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2008. N 18. P. 1729–1734.
40. Verlee A., Mincke S., Stevens C.V. Recent developments in antibacterial and antifungal chitosan and its derivatives // *Carbohydrate Polymers*. 2017. N 164. P. 268–283.
41. Yang G., Jin Q., Xu C., Fan S., Wang C., Xie P. Synthesis, characterization and antifungal activity of coumarin-functionalized chitosan derivatives // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018. N 106. P. 179–184.
42. Карпова Н.В., Шагдарова Б.Ц., Лялина Т.С., Ильина А.В., Терешина В.М., Варламов В.П. Влияние основных характеристик низкомолекулярного хитозана на рост фитопатогенного гриба *Botrytis cinerea* // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2019. № 5. С. 386–395.
43. Badawy M.E.I., Rabea E.I., Taktak N.E.M. Antimicrobial and inhibitory enzyme activity of N-(benzyl) and quaternary N-(benzyl) chitosan derivatives on plant pathogens // *Carbohydrate Polymers*. 2014. N 111. P. 670–682.
44. Куликов С.Н., Чирков С.Н., Ильина А.В., Лопатин С.А., Варламов В.П. Влияние молекулярной массы хитозана на его противовирусную активность в растениях // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2006. № 42. С. 224–228.
45. Мальцева Т.А. Исследование свойств высушенной личинки мухи *Hermetia illucens* и жира применительно к процессу отжима // *Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2021. № 173. С. 1–11.

REFERENCES

1. Zlotin A.Z. *Technical entomology*. Kiev, Naukova dumka Publ., 1989, 184 p. (In Ukrainian).
2. Tamarina N.A. *Fundamentals of technical entomology*. Moscow: MGU Publ., 1990, 203 p. (In Russian).
3. Naumkin V.P., Mazalov V.I. Insect-pollinators of agrocenoses of entomophilous crops. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*, 2016, no. 3 (19), pp. 114–118. (In Russian).
4. Vasil'eva T.V. Species composition and the influence of insects-pollinators on crops of sinapis alba. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik = Dairy Farming Journal*, 2017, no. 3 (27), pp. 40–45. (In Russian).
5. Grebennikov V.S. *Bumblebees are pollinators of clover*. Moscow, Rossel'khozizdat Publ., 1984, 62 p. (In Russian).
6. Didenko A.O. The death of bees in Russia and the world: the state of the problem. *AgroForum = AgroForum*, 2020, no. 5, pp. 28–30. (In Russian).
7. Krylenko S.V., Yasyukevich V.V. Pollination crisis and the contribution of climate change. *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya = Fundamental and Applied climatology*, 2021, vol. 7, no. 3, pp. 15–49. (In Russian).
8. Decourtye A., Alaux C., Le Conte Y., Henry M. Toward the protection of bees and pollination under global change: present and future perspectives in a challenging applied science. *Current opinion in insect science*, 2019, no. 35, pp. 123–131. DOI: 10.1016/j.cois.2019.07.008.
9. Yasyukevich V.V., Davidovich E.A., Yasyukevich N.V. Features of biology and cultivation of cockroaches. *Prikladnaya entomologiya = Applied entomology*, 2012, no. 3 (7), pp. 17–25. (In Russian).

10. Kolesnik I.I. Entomoindustry as a direction of import substitution in Russia. *Sovremennyyi nauchnyi vestnik = Modern Scientific Bulletin*, 2016, no. 4 (2), pp. 33–41. (In Russian).
11. Vasil'ev A.A., Kuznetsov M.Yu., Serebryanskii D.M. Prospects of flies' larvae using in fish feeding. *Rybnoe khozyaistvo = Fisheries*, 2017, no. 3, pp. 85–99. (In Russian).
12. Kidov A.A. Growth, survival and live feed utilization efficiency of the Hyrcanian Meadow Lizard, *Darevskia praticola hyrcanica* (Lacertidae, Reptilia) in captivity. *Sovremennaya gerpetologiya = Current Studies in Herpetology*, 2020, no. 1/2, pp. 35–42. (In Russian). DOI: 10.18500/1814-6090-2020-20-1-2-35-42.
13. Misrieva B.U., Sharonova A.I. The effectiveness of the ambrosia striped leaf beetle *Zygo-gramma suturalis* F. in limiting the number of dangerous allergen ragweed. *Vestnik sotsial'no-pedagogicheskogo instituta = Bulletin of the Social-Pedagogical Institute*, 2014, no. 2 (10), pp. 41–45. (In Russian).
14. Runeva T.D. Phytophages are inhabitants of generative organs of weed artichokes (Compositae family) in Western Siberia. *Byulleten' «Zashchita rastenii» = Bulletin "Plant Protection"*, 1973, vol. 6, pp. 19–24. (In Russian).
15. Runeva T.D. Phytophages of vegetative organs of artichoke Cynareae Compositae in Western Siberia. *Byulleten' «Zashchita rastenii» = Bulletin "Plant Protection"*, 1973, vol. 6, pp. 40–44. (In Russian).
16. Aleeva M.N. *Stethorus* (*Stethorus punctillum* Ws.) in the Middle Ob. Biological methods of pest control of agricultural crops. Novosibirsk, 1975, vol. 9, pp. 29–33. (In Russian).
17. Pekin V.P. Ecological and faunal review of the coccinellidae of the Urals and the south of Western Siberia. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Chelyabinsk State University*, 2007, no. 6, pp. 95–107. (In Russian).
18. Agas'eva I.S., Ismailov V.Ya., Fedorenko E.V., Nefedova M.V. Rearing and use of pentatomidae predacious bugs against the Colorado potato beetle. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2013, no. 11, pp. 21–23. (In Russian).
19. Ismailov V.Ya., Agas'eva I.S., Kil' V.I., Fedorenko E.V., Nefedova M.V., Besedina E.N. Biological characterization, phenotypic and genotypic structure of predatory stink-bug *Perillus bioculatus* Fabr. (Heteroptera, Pentatomidae) population in Krasnodar region. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2019, vol. 54, no. 1, pp. 110–120. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.110rus.
20. Agas'eva I.S., Ismailov V.Y., Nefedova M.V., Fedorenko E.V. The species composition and bioregulatory activity of entomophages in potato pest control system. *Agricultural Biology*, 2016, vol. 51 (3), pp. 401–410.
21. Gudilin I.I., Kondratov A.F., Bayandina G.V., Brodskaya N.M., Tokarev B.C., Chichin A.A., Kunavin G.A. *Biotechnology of organic waste processing and ecology*. Novosibirsk, Novosibirsk Book Publishing House, 1999, 392 p. (In Russian).
22. Wang Y.-S., Shelomi M. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. *Foods*, 2017, vol. 6 (10), pp. 91. DOI: 10.3390/foods6100091.
23. Liu C., Wang C., Yao H. Comprehensive Resource Utilization of Waste Using the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae). *Animals (Basel)*, 2019, vol. 13, no. 9 (6), 349 p. DOI: 10.3390/ani9060349.
24. Antonov A.M., Lutovinovas E., Ivanov G.A., Pastukhova N.O. Adaptation and prospects of breeding flies Black Ivink (*Hermetia illucens*) in circumpolar region. *Printsipy ekologii = Principles of the Ecology*, 2017, no. 3, pp. 4–19. (In Russian). DOI: 10.15393/j1.art.2017.6302.
25. Ushakova N.A., Ponamarev S.V., Fedorovych Yu.V., Bastrakova A.I., Pavlov D.S. Physiological basis of the nutritional value of a concentrate of *Hermetia illucens* larvae in fish diets. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya biologiya = Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological series*, 2020, no. 3, pp. 293–300. (In Russian).
26. Choi E.D., Li V.V., Derkembayeva Zh.S., Zholborsov A.A., Dzhuraeva S.D., Tukeshev S.K., Eshmuratov A.B., Turkmenov A.A. Global prospects for the use of black Soldier fly larvae in livestock feed, nutrition, pharmacology and cosmetology (literature review). *Ural'skii meditsinskii zhurnal = Ural Medical Journal*, 2020, no. 10, pp. 193–204. (In Russian).
27. Verotchenko M.A., Tereshchenko A.P., Zlochevskii F.I. Bio-processing of pig manure is the basis for obtaining chitin and chitosan. *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*, 2000, no. 5, pp. 57–59. (In Russian).

28. Balabaev V.S., Antipova L.V. Chitin and chitosan – materials of the XXI century. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*, 2012, no. 6, pp. 130–138. (In Russian).
29. Khayrova A., Lopatin S., Varlamov V. Obtaining chitin, chitosan and their melanin complexes from insects. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2021, vol. 167, pp. 1319–1328. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.11.086.
30. Liu H.T., Li W.M., Xu G., Li X.Y., Bai X.F., Wei P., Yu C., Du Y.G. Chitosan oligosaccharides attenuate hydrogen peroxide- induced stress injury in human umbilical vein endothelial cells. *Pharmacological Research*, 2009, no. 59, pp. 167–175.
31. Xia W., Liu P., Zhang J., Chen J. Biological activities of chitosan and chitooligosaccharides. *Food Hydrocolloids*, 2011, no. 25, pp. 170–179.
32. Zou P., Yang X., Wang J., Li Y., Yu H., Zhang Y., Liu G. Advances in characterisation and biological activities of chitosan and chitosan oligosaccharides. *Food Chemistry*, 2015, no. 190, pp. 1174–1181. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.06.076.
33. Chang S.H., Wu C.H., Tsai G.J. Effects of chitosan molecular weight on its antioxidant and antimutagenic properties. *Carbohydrate Polymers*, 2018, no. 181, pp. 1026–1032. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.11.047.
34. Anraku M., Gebicki J.M., Iohara D., Tomida H., Uekama K., Maruyama T., Hirayama F., Otagiri M. Antioxidant activities of chitosans and its derivatives in in vitro and in vivo studies. *Carbohydrate Polymers*, 2018, no. 199, pp. 141–149.
35. Varlamov V.P., Il'ina A.V., Shagdarova B.Ts., Lun'kov A.P., Mysyakina I.S. Chitin/chitosan and its derivatives. *Uspekhi biologicheskoi khimii = Biological chemistry reviews*, 2020, vol. 60, pp. 317–368. (In Russian).
36. Kurchenko V.P., Buga S.V., Petrashkevi N.V., Butkevich T.V., Vetoshkin A.A., Demchenkov E.L., Lodygin A.D., Zueva O.Yu., Varlamov V.P., Borodin O.I. Technological background for producing chitine and chitosan from insects. *Trudy Belorusskogo Gosudarstvennogo Universiteta = Proceedings of the Belarusian State University*, 2016, vol. 11 (1), pp. 110–126. (In Russian).
37. Taranovskaya E.A., Sobgaida N.A., Markina D.V. Absorbent Materials Based on Chitosan for Sewage Treatment from Heavy Metal Ions. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii = Ecology and Industry of Russia*, 2016, no. 20 (5), pp. 34–39. (In Russian). DOI: 10.18412/1816-0395-2016-5-34-39.
38. Guo Z., Xing R., Liu S., Zhong Z., Ji X., Wang L., Li P. Antifungal properties of Schiff bases of chitosan, N-substituted chitosan and quaternized chitosan. *Carbohydrate Research*, 2007, no. 342, pp. 1329–1332.
39. Park Y., Kim M.-H., Park S.-C., Cheong H., Jang M.-K., Nah J.-W., Hahm K.-S. Investigation of the antifungal activity and mechanism of action of LMWS- chitosan. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2008, no. 18, pp. 1729–1734.
40. Verlee A., Mincke S., Stevens C.V. Recent developments in antibacterial and antifungal chitosan and its derivatives. *Carbohydrate Polymers*, 2017, no. 164, pp. 268–283.
41. Yang G., Jin Q., Xu C., Fan S., Wang C., Xie P. Synthesis, characterization and antifungal activity of coumarin-functionalized chitosan derivatives. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018, no. 106, pp. 179–184.
42. Karpova N.V., Shagdarova B.Ts., Lyalina T.S., Il'ina A.V., Tereshina V.M., Varlamov V.P. Influence of the main characteristics of low weight chitosan on the growth of the plant pathogenic fungus *Botrytis cinerea*. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya = Applied biochemistry and microbiology*, 2019, no. 55, pp. 386–395. (In Russian).
43. Badawy M.E.I., Rabea E.I., Taktak N.E.M. Antimicrobial and inhibitory enzyme activity of N-(benzyl) and quaternary N-(benzyl) chitosan derivatives on plant pathogens. *Carbohydrate Polymers*, 2014, no. 111, pp. 670–682.
44. Kulikov S.N., Chirkov S.N., Il'ina A.V., Lopatin S.A., Varlamov V.P. Effect of the molecular weight of chitosan on its antiviral activity in plants. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya = Applied biochemistry and microbiology*, 2006, no. 42, pp. 224–228. (In Russian).
45. Mal'tseva T.A. Research of the properties of dried *Hermetia illucens* fly larvae and fat in relation to the extraction process. *Nauchnyi zhurnal KubGAU = Scientific journal of KubSAU*, 2021, no. 173, pp. 1–11. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Андреева И.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией, **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; а/я 463; e-mail: iva2008@ngs.ru

Шаталова Е.И., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Ульянова Е.Г., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Ходакова А.В., аспирант, младший научный сотрудник

Агриколянская Н.И., аспирант, младший научный сотрудник

Голохваст К.С., доктор биологических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАО, директор СФНЦА РАН

AUTOR INFORMATION

✉ **Irina V. Andreeva**, Candidate of Science in Agriculture, Laboratory Head; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: iva2008@ngs.ru

Elena I. Shatalova, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Ekaterina G. Ulyanova, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Alevtina V. Khodakova, Postgraduate student, Junior Researcher

Nataliya I. Agrikolyanskaya, Postgraduate student, Junior Researcher

Kirill S. Golokhvast, Doctor of Science in Biology, Professor RAS, Corresponding Member RAE, Director SFSCA RAS

Дата поступления статьи / Received by the editors 26.04.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 24.06.2022

Дата публикации / Published 26.09.2022

ФУНГИЦИДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО ОТ АНТРАКНОЗА И ДРУГИХ БОЛЕЗНЕЙ

Пимохова Л.И., Яговенко Г.Л., Царапнева Ж.В., Хараборкина Н.И., (✉) Мисникова Н.В.

Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса

Брянская область, пос. Мичуринский, Россия

(✉) e-mail: lupin_nv misnikova@mail.ru

Представлены результаты лабораторного и полевого изучения эффективности фунгицидов Абакус Ультра, СЭ (суспензионная эмульсия) и Оптим, КЭ (концентрат эмульсии) против возбудителя антракноза и других болезней люпина. Работа проведена в 2019–2021 гг. в Брянской области. Объект изучения – проростки и посевы люпина узколистного сорта Витязь. В лабораторных условиях эффективность Абакус Ультра (пираклостробин 62,5 г/л + эпоксиконазол – 62,5 г/л) изучали при нормах 1,25; 1,5; 2,0 л/га и Оптим (пираклостробин – 200 г/л) – 0,5; 1,0; 1,5 л/га. Биологическую эффективность защитных и лечебных свойств фунгицидов проводили по количеству пораженных проростков, выращенных в бумажно-полиэтиленовых рулонах в сравнении с контролем (без обработки). Наибольшую биологическую эффективность защитных и лечебных свойств Абакус Ультра (98,7 и 97,0%) и Оптим (97,7 и 93,1%) против антракноза показали нормы 2,0 и 1,5 л/га. Полевые испытания Абакус Ультра и Оптим при нормах 2,0 и 1,5 л/га соответственно проводили на опытном поле ВНИИ люпина при естественном проявлении антракноза. Опыт закладывали в 4-кратном повторении, площадь делянки 34 м². Норма высева – 1,2 млн всхожих семян/га. Предшественник – яровые зерновые культуры. Обработку посевов проводили ручным опрыскивателем из расчета рабочего раствора 200 л/га. Эффективность фунгицидов определяли в сравнении с контролем. Биологическая эффективность Абакус Ультра и Оптим против антракноза составила соответственно 95,3 и 96,3%. К фазе блестящего боба в этих вариантах количество пораженных антракнозом бобов составило 1,7 и 1,2% при 18,7% в контроле. Поражение растений фузариозом снизилось от 20,2% в контроле до 10,9 и 9,3%. Распространение серой гнили на бобах сократилось в 1,7 раза. Фунгициды не оказали ингибирующего действия на рост растений. Достоверная ($HC_{05} = 0,28$) прибавка урожая семян составила 0,82 и 0,98 т/га, окупаемость затрат – 2,83 и 2,40 р.

Ключевые слова: люпин узколистный, болезни, антракноз, фунгициды, эффективность, урожайность

FUNGICIDES TO PROTECT NARROW-LEAFED LUPINE AGAINST ANTHRACNOSE AND OTHER DISEASES

Pimokhova L.I., Yagovenko G.L., Tsarapneva Zh.V., Kharaborkina N.I., (✉) Misnikova N.V.

The All-Russian Lupin Scientific Research Institute – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

Michurinsky settl., Bryansk region, Russia

(✉) e-mail: lupin_nv misnikova@mail.ru

The results of laboratory and field studies of fungicide effectiveness of Abacus Ultra, SE (suspension emulsion) and Optimo, EC (emulsion concentrate) against anthracnose pathogen and other lupine diseases are presented. The work was conducted in 2019–2021 in the Bryansk region. The object of study were the seedlings and crops of narrow-leaved lupine of the Vityaz variety. Under laboratory conditions, the effectiveness of Abacus Ultra (pyraclostrobin 62.5 g/l + epoxiconazole - 62.5 g/l) was studied at the rates of 1.25; 1.5; 2.0 l/ha and Optimo (pyraclostrobin - 200 g/l) - 0.5; 1.0; 1.5 l/ha. Biological effectiveness of the protective and therapeutic properties of fungicides was carried out according to the number of affected seedlings grown in paper-polyethylene rolls compared with the control (no treatment). The highest biological effectiveness of protective and curative properties of Abacus Ultra (98.7 and 97.0%) and Optimo (97.7 and 93.1%) against anthracnose

showed the norms 2.0 and 1.5 l / ha. Field trials of Abacus Ultra and Optimo at the rates of 2.0 and 1.5 l/ha, respectively, were conducted in the experimental field of the ARLSRI under natural manifestation of anthracnose. The experiment was set in 4-fold repetition, the area of the plot was 34 m². The seeding rate was 1.2 million germinated seeds/ha. The forecrop was presented by spring cereal crops. Crops were treated with a hand sprayer at the rate of 200 l/ha of the working solution. The effectiveness of fungicides was determined in comparison with the control. The biological efficacy of Abacus Ultra and Optimo against anthracnose was 95.3 and 96.3%, respectively. By the shiny bean phase, the number of beans affected by anthracnose in these variants was 1.7 and 1.2%, compared to 18.7% in the control. Plant infestation with fusarium blight decreased from 20.2% in the control to 10.9% and 9.3%. The spread of blossom blight on beans was reduced by 1.7 times. Fungicides had no inhibitory effect on plant growth. Significant (LSD05 = 0.28) increase in seed yield was 0.82 and 0.98 t/ha, cost recovery was 2.83 and 2.40 rubles.

Keywords: narrow-leaved lupin, diseases, anthracnose, fungicides, effectiveness, yield

Для цитирования: Пимохова Л.И., Яговенко Г.Л., Царапнева Ж.В., Хараборкина Н.И., Мисникова Н.В. Фунгициды для защиты люпина узколистного от антракноза и других болезней // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 48–57. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-5>

For citation: Pimokhova L.I., Yagovenko G.L., Tsarapneva Zh.V., Kharaborkina N.I., Misnikova N.V. Fungicides to protect narrow-leaved lupin against anthracnose and other diseases. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 48–57. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-5>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования п. ПФНИ РАН 0597-2019-0024.

Acknowledgments

The work was carried out within the budgetary funding of FSRP RAS 0597-2019-0024.

ВВЕДЕНИЕ

Люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.) является самым скороспелым из крупносемянных видов. Он представляет большой интерес для возделывания как в европейской части нашей страны, так и в сибирских регионах и Приморском крае. Оптимальная сумма эффективных температур для формирования зеленоукосного урожая 1280–1300°, созревания семян – 1600–1700° [1–3]. Люпин узколистный используется для получения зерна, зеленой массы и силосного сырья. В семенах современных сортов содержится сырого протеина 32–37%, в сухом веществе зеленой массы – 16–20%. Процент жира в сухом веществе зерна составляет 4,06–5,10%, в зеленой массе – 1,31–1,63%. Зерно кормового люпина, в отличие от других бобовых культур, содержит значительно меньшее количество антипитательных веществ, что позволяет использовать его в сыром виде для кормления животных. Урожайность семян современных сортов достигает 3–4 т/га, зеле-

ной массы 40–60 т/га [3–5]. Несмотря на эти качества, посевные площади под люпином узколистным в Российской Федерации (РФ) небольшие.

Поражение этой культуры болезнями является одной из причин, препятствующих расширению посевных площадей. Наиболее распространенные и вредоносные болезни в посевах люпина узколистного – антракноз, фузариоз, ризоктониоз, серая гниль, бактериальная пятнистость и вирусное израстание [6–8]. Однако на протяжении многих лет самым опасным заболеванием на люпине остается антракноз. Возбудителем заболевания на люпине в РФ является несовершенный гриб *Colletotrichum lupini* var. *lupini* [8–10]. Игнорирование этой проблемы приводит к значительным потерям урожая зерна и зеленой массы. Узколистный люпин проявляет более высокую онтогенетическую устойчивость к этому патогену среди возделываемых в РФ видов люпина. Инфекционное начало антракноза и многие другие болезни этой культуры берут из вы-

севаемых семян [10–12]. В вегетацию от больных всходов с помощью дождя, ветра и насекомых гриб распространяется по посеву и поражает молодые растущие части растений. Эта особенность патогена позволяет поражать растения люпина во все фазы роста и развития культуры. В эпифитотийные годы болезнь снижает урожайность семян люпина узколистного на 83–100%, зеленой массы на 69–92% [11, 12].

Наибольший вред посевам люпина узколистного это заболевание наносит в годы с теплыми (18–26 °C) и влажными погодными условиями, которые складываются с середины мая до конца июля. При таких погодных условиях, даже при наличии в семенном материале 0,01–0,05% семян, зараженных возбудителем антракноза, болезнь приобретает эпифитотийный характер. Один прием протравливания посевного материала не спасает посевы люпина от потерь урожая. Для получения высоких и стабильных урожаев семян этой культуры необходимо дополнительно проводить обработки посевов фунгицидами в вегетацию.

В настоящее время для обработки посевов люпина в РФ разрешено ограниченное количество фунгицидов, которые обладают слабой активностью против возбудителя антракноза и многих других патогенов. Поиск новых фунгицидов для применения на люпине по зеленому листу против антракноза и других болезней люпина узколистного является актуальной задачей. Химические компании средств защиты растений ежегодно выпускают новые фунгициды с высокой эффективностью против широкого спектра патогенов, которые для обработки посевов люпина узколистного не применяются. Действующие вещества из группы стробилуринов и триазолов являются базой химического метода защиты от болезней. Стробилурины рекомендуется применять первыми в вегетационном сезоне, ибо они резко снижают развитие на листьях устойчивых к триазилам форм грибов. Таким образом, снижается селекционное давление, так как уровень инокулюма патогенов самый низкий в нача-

ле вегетации. На зерновых культурах первая обработка этими фунгицидами обеспечивает чистую от болезни культуру, обработка в период колошения обеспечивает большую прибавку урожая, так как кроме защитного действия они оказывают положительное физиологическое действие на растения, что повышает их продуктивность [13]. В состав фунгицидов фирмы «БАСФ» Абакус Ультра, СЭ (пираклостробин 62,5 г/л + эпоксиконазол 62,5 г/л) и Оптим, КС (пираклостробин 200 г/л) входят действующие вещества этих химических групп. Пираклостробин относится к новому поколению действующих веществ из группы стробилуринов. Пираклостробин, поглощаясь восковым слоем растений, обеспечивает высокую устойчивость препарата к действию атмосферных осадков. Пираклостробин, ингибируя митохондриальное дыхание патогенов, угнетает прорастание спор и ростовых трубок. Эпоксиконазол ингибирует рост и развитие мицелия гриба внутри растения. Они эффективно применяются для защиты посевов зерновых культур, сахарной свеклы, сои, гороха и других культур от широкого спектра возбудителей заболеваний при нормах расхода 0,5–1,75 л/га¹. Для защиты посевов люпина от антракноза и других патогенов эти фунгициды не применяются.

Цель исследований – изучить биологическую эффективность фунгицидов Абакус Ультра и Оптим против возбудителя антракноза, установить необходимую норму расхода для обработки посевов люпина узколистного, выявить степень влияния на рост и развитие растений, урожайность семян, определить возможность включения препаратов в технологию возделывания культуры.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Первоначальное изучение активности фунгицидов в подавлении возбудителя антракноза проводили в лабораторных условиях на проростках люпина узколистного сорта Витязь. Абакус Ультра изучали при нормах расхода 1,25; 1,50; 2,0 л/га, Оптим –

¹Каталог продукции 2021 года химической компании средств защиты растений «БАСФ». : URL: <http://www.https://www.agro.basf.kz/ru/Products/Overview/>

0,5; 1,0; 1,5 л/га. Эталон служил фунгицид Колосаль Про (0,4 л/га). Эффективность фунгицидов против болезни определяли по количеству пораженных проростков, выращенных в бумажно-полиэтиленовых рулонах. Изучение защитных свойств фунгицидов проводили на 4-суточных здоровых проростках, лечебных – на 3-суточных проростках, выращенных из зараженных семян в рулонах. Объем выборки 180 шт. проростков (6 рулонов по 30 проростков на вариант). Токсическое действие определяли по наличию ожогов и длине гипокотили проростков^{2,3}.

Полевые испытания фунгицидов Абакус Ультра и Оптимом при нормах расхода 2,0 и 1,5 л/га соответственно проводили в 2019–2021 гг. на опытном поле ВНИИ люпина при естественном проявлении антракноза. Опыты закладывали в 4-кратной повторности на делянках площадью 34 м². В опыте использовали сорт люпина узколистного Витязь. Инфицированность семян антракнозом в зависимости от года исследований составляла от 4 до 6%. Поражение люпина болезнями

и эффективность фунгицида определяли в разные фазы развития культуры⁴. Оценку токсического действия фунгицида на растения проводили путем измерения их высоты. Обработывали посеы ручным опрыскивателем из расчета расхода рабочего раствора 200 л/га. Учет урожая семян проводили с каждой делянки путем сплошного обмолота бобов комбайном «Сампо-500». Статистическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа с определением наименьшей существенной разницы⁵.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Лабораторные испытания фунгицидов Абакус Ультра и Оптимом показали высокие защитные и лечебные свойства против возбудителя антракноза. В зависимости от нормы расхода эффективность защитных свойств составила 83,7–98,7%, лечебных – 75,7–97,0% (см. табл. 1).

Наибольшее защитное действие против антракноза показали максимально взятые

Табл. 1. Токсичность и эффективность фунгицидов против антракноза на проростках люпина узколистного в лабораторных условиях

Table 1. Toxicity and effectiveness of fungicides against anthracnose for narrow-leaved lupin seedlings under laboratory conditions

Вариант	Норма расхода, л/га	Действие			
		защитное		лечебное	
		Длина гипокотили, мм	Эффективность, %	Длина гипокотили, мм	Эффективность, %
Контроль	–	62,1	–	57,3	–
Колосаль Про (эталон)	0,4	35,2	98,3	33,4	97,0
Абакус Ультра, КЭ	1,25	38,7	90,4	35,1	85,0
Абакус Ультра, КЭ	1,50	42,3	96,3	38,3	92,3
Абакус Ультра, КЭ	2,00	46,8	98,7	45,4	97,0
НСР ₀₅	–	0,88	–	0,65	–
Контроль	–	60,7	–	58,6	–
Колосаль Про (эталон)	0,4	36,8	97,3	34,5	96,3
Оптимом, КС	0,5	59,7	83,7	57,3	75,7
Оптимом, КС	1,0	63,2	92,3	59,9	86,3
Оптимом, КС	1,5	65,1	97,7	63,7	93,1
НСР ₀₅	–	0,76	–	0,71	–

²Методы определения болезней и вредителей с.-х. растений / Пер. с нем. К.В. Попковой, В.А. Шмыгли. М.: Агропромиздат, 1987. 224 с.

³Кунгурцева О.В. Методы мониторинга антракноза люпина. СПб.: ВНИИ защиты растений, 2002. 11 с.

⁴Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве». СПб., 2009, 378 с.

⁵Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985.

нормы расхода фунгицидов. Эффективность Абакус Ультра (норма расхода 2,0 л/га) защитного свойства составила 98,7% и лечебного – 97,0%, Оптимом (1,5 л/га) – 97,7 и 93,0% соответственно.

На рост проростков люпина узколистного изучаемые фунгициды оказывают различное влияние. Оптимом стимулирует рост проростков. По отношению к контролю наибольшее увеличение длины hypocotyle проростков отмечено в варианте с максимально взятой нормой (1,5 л/га). Она достоверно ($HSP_{05} = 0,76$, $HSP_{05} = 0,71$) увеличила длину hypocotyle проростков при защитном и лечебном действии на 4,4 и 5,1 мм соответственно.

Фунгицид Абакус Ультра ингибирует их рост. Однако с увеличением дозы его ингибирующее действие на проростки люпина достоверно ($HSP_{05} = 0,88$, $HSP_{05} = 0,65$) снижалось. Поэтому наибольшая длина hypocotyle проростков была в варианте с максимально взятой дозой (2 л/га) фунгицида. Абакус Ультра не обжигал проростки и на

вид они выглядели здоровыми с темно-зеленой окраской семядольных и настоящих листьев (см. рис. 1).

Исходя из полученных результатов, наиболее приемлемыми нормами расхода фунгицидов, которые позволят вести эффективную борьбу против антракноза и других болезней в полевых условиях, являются 2,0 л/га для Абакуса Ультра и 1,5 л/га – Оптимом.

Развитие и распространение болезней в посевах люпина узколистного в годы проведения полевых исследований фунгицидов Абакус Ультра и Оптимом определялось метеорологическими условиями и наличием инфекции в семенах и в почве. В целом погодные условия были благоприятными для развития и распространения многих болезней, в том числе и возбудителя антракноза в посевах люпина узколистного, что позволило оценить препараты по их активности против основных болезней.

Условия вегетации в мае были прохладными и избыточно влажными. Температура



Рис. 1. Защитное действие фунгицида Абакус Ультра против антракноза на проростках люпина узколистного: 1 – контроль (без обработки фунгицидом); 2 – Абакус Ультра при норме расхода 2,0 л/га

Fig. 1. Protection action of the fungicide Abacus Ultra against anthracnose for narrow-leaved lupin seedlings: 1 – reference (fungicide free); 2 – Abacus Ultra at dose 2.0 l/ha

воздуха находилась на отметке 13,1 °С, что ниже среднегодовы́х значений на 0,4 °С, осадков выпало больше нормы на 68,7 мм (121,7 мм). Июнь по обеспеченности теплом и влагой отмечен выше среднегодовы́х значений на 3,6 °С и 18,0 мм соответственно. При этом среднесуточная температура воздуха составляла 20,2 °С, осадков выпало 97,0 мм. Погодные условия в июле и августе были теплыми и засушливыми. Среднесуточная температура воздуха превышала среднегодовы́е значения на 1,6 и 1,3 °С, при этом недобор осадков составил 30,2 и 12,6 мм соответственно.

Протравливание семян защищает растения люпина лишь непродолжительное время, что в последующем может негативно отразиться на фитопатологическом состоянии посевов. При установлении теплой погоды с частым выпадением осадков в ранние фазы развития растений люпина необходима профилактическая обработка фунгицидом в фазе стеблевания – начало бутонизации [11, 12].

Распространение антракноза в посевах зависело от количества выпадения осадков и температуры воздуха. Благоприятные условия для развития и распространения антракноза в посевах люпина узколистного сложились в июне. Оптимальная температура воздуха (20,2 °С) и обилие осадков способствовали интенсивному развитию и распространению заболевания в посевах культуры. В это время растения находились в фазах активного роста (фазы стеблевания – бутонизации) и были уязвимы для возбудителя антракноза, поскольку патоген активно поражает и развивается только на молодых растущих частях растений люпина. На пораженных стеблях появлялись продольные язвы бурого цвета, позже они становились ярко-розовыми со спороношением гриба. Появление язв на стеблях вызывало их искривление с последующим изломом, которые заметно выделялись на фоне здоровых растений (см. рис. 2). На черешках листьев антракноз проявлялся в виде мелких тем-



Рис. 2. Поражение растений люпина узколистного антракнозом в фазу стеблевания – начало бутонизации

Fig. 2. Narrow-leaved lupin plants infestation by anthracnose during stemming-early budding phase

ных пятен, переходящих в небольшие язвы коричневого цвета. В местах поражения черешки надламывались. Листья опадали или оставались висеть на покровной ткани. В период вегетации люпина узколистного наибольшее поражение антракнозом наблюдали на растениях, а не на бобах.

В среднем за годы исследований на контрольном варианте количество пораженных этим патогеном растений составило 32,1%. Уменьшение выпадения осадков и достаточное количество тепла (июль – август) в период формирования и созревания бобов значительно сократило поражение бобов антракнозом. Так, в фазу блестящего боба количество бобов с язвами антракноза составило 18,7%. Начиная с фазы блестящего боба и до полной их спелости, ткани растений становятся резистентными к этому патогену.

В данном опыте на посеве люпина узколистного фунгициды применяли дважды в фазу стеблевания и начала цветения. Применение фунгицидов Абакус Ультра и Оптимом в указанных выше нормах расхода сократило число пораженных антракнозом растений от 32,1% в контроле до 1,9 и 1,7% соответственно (см. табл. 2).

При этом в фазу блестящего боба поражение бобов в данных вариантах сократилось от 18,7% в контроле до 1,7 и 1,2% соответственно. Эффективность фунгицидов против антракноза составила соответственно 95,3 и 96,3%. Это на 3,8 и 4,8% больше, чем эффективность эталонного фунгицида Колосаль Про.

Растения люпина узколистного в значительной степени поражаются фузариозом и серой гнилью. В условиях 2020 г. при изучении 62 образцов и сортов люпина узколистного на северо-западе Российской Федерации 43 из них были поражены фузариозным увяданием (*Fusarium oxysporum*) в различной степени. Умеренное распространение серой гнили (*Botrytis cineria*) наблюдали на 42 изучаемых образцах *L. angustifolius* [3]. В условиях Беларуси фузариозное увядание люпина узколистного снижает урожай зерна на 17–50%, недобор урожая зерна от поражения серой гнилью составляет 20–30% [11].

В вариантах с фунгицидами Абакус Ультра и Оптимом отмечено меньшее количество больных растений фузариозом и бобов серой гнилью. По сравнению с контролем поражение растений фузариозным увяданием сократилось соответственно в 1,9 и 2,2 раза, заболевание бобов серой гнилью – в 1,7 раза. Причем, по сравнению с эталонным вариантом поражение бобов серой гнилью уменьшилось в 1,4 раза.

В полевых условиях на рост растений изучаемые фунгициды не оказали ингибирующего действия. В среднем за годы исследований высота растений люпина узколистного перед уборкой в варианте с фунгицидом Абакус Ультра была на уровне контроля, с фунгицидом Оптимом – на 1,2 см достоверно ($HC_{05} = 1,15$) больше, чем в контроле. При этом эталонный фунгицид Колосаль Про уменьшил высоту растений на 2,2 см.

Табл. 2. Токсичность и эффективность фунгицидов против антракноза для защиты люпина в вегетацию (полевой опыт 2019–2021 гг.)

Table 2. Toxicity and effectiveness of fungicides against anthracnose for lupin protection during the vegetation period (field experiment 2019–2021)

Вариант	Норма расхода, л/га	Высота растения, см	Поражение болезнями, %				Эффективность, %	Урожайность семян, т /га	Прибавка урожая к контролю, т/га	Окупаемость затрат, р.
			растений		бобов					
			антракнозом	фузариозом	антракнозом	серой гнилью				
Контроль	–	45,8	32,1	20,2	18,7	3,0	–	0,69	–	–
Колосаль Про (эталон)	0,4	43,6	2,8	11,8	2,4	1,9	91,5	1,35	0,66	3,89
Абакус Ультра	2,0	45,6	1,9	10,9	1,7	1,8	95,3	1,51	0,82	2,83
Оптимом	1,5	47,0	1,7	9,3	1,2	1,7	96,3	1,67	0,98	2,40
НСР ₀₅	–	1,15	–	–	–	–	–	0,28	–	–

Применение для защиты посевов люпина узколистного фунгицидов Абакус Ультра и Оптимом позволило достоверно ($НСР_{05} = 0,28$) сократить потери урожая семян на 0,82 и 0,98 т/га, или 54,3 и 58,7%, соответственно. При этом в варианте с эталонным фунгицидом Колосаль Про потери урожая семян сократились на 0,66 т/га, или 48,9%. Окупаемость затрат на применение фунгицидов Абакус Ультра и Оптимом составила 2,83 и 2,40 р. на каждый дополнительно вложенный рубль.

Таким образом, использование фунгицидов Абакус Ультра и Оптимом при норме расхода 2,0 и 1,5 л/га соответственно для защиты посевов люпина узколистного значительно снижает поражение вредоносными болезнями, в том числе и антракнозом, способствует реализации потенциала урожайности семян этой высокобелковой культуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение фунгицидов Абакус Ультра (норма расхода 2,0 л/га) и Оптимом (1,5 л/га) для защиты посевов люпина узколистного от антракноза и других болезней значительно сокращает поражение растений и бобов различными патогенами, оказывает положительное влияние на рост, развитие и продуктивность культуры.

За годы исследований биологическая эффективность Абакус Ультра и Оптимом против возбудителя антракноза составила 95,3 и 96,3% соответственно. Это значительно снижает инфекционную нагрузку патогена в посевах. Распространение антракноза по растениям составило 1,9 и 1,7% при 32,1% в контроле. Поражение бобов этим патогеном составило 1,7 и 1,2% при 18,7% в контроле. Фунгициды показали высокую эффективность против грибов рода *Fusarium* и серой гнили. Поражение растений фузариозом снизилось соответственно в 1,9 и 2,2 раза, поражение бобов серой гнилью – в 1,7 раза.

Изучаемые фунгициды не оказали ингибирующего действия на рост растений. Высота растений люпина узколистного перед уборкой в варианте с фунгицидом Абакус Ультра отмечена на уровне контроля, а с фун-

гицидом Оптимом была достоверно ($НСР_{05} = 1,15$) больше, чем в контроле, на 1,2 см.

Полученные достоверные ($НСР_{05} = 0,041$) прибавки урожая семян (0,82 и 0,98 т/га) окупали затраты на применение изучаемых фунгицидов в размере 2,83 и 2,40 р. на каждый дополнительно вложенный рубль. Так как опытные препараты в Российской Федерации не зарегистрированы для применения на люпине, данная работа носит экспериментальный характер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косолапов В.М., Яговенко Г.Л., Лукашевич М.И., Агеева П.А., Новик Н.В., Мисникова Н.В., Слесарева Т.Н., Исаева Е.И., Такунов И.П., Пимохова Л.И., Яговенко Т.В. Люпин: селекция, возделывание, использование: монография. Брянск, Брянское областное полиграфическое объединение, 2020. 304 с.
2. Taylor J.L., De Angelis G., Nelson M.N. How have narrow-leaved lupin genomic resources enhanced our understanding of lupin domestication? The Lupin Genome. Compendium of Plant Genomes // Springer Cham. 2020. P. 95–108. DOI: 10.1007/978-3-030-21270-4_8.
3. Абдулаев Р.А., Вишнякова М.А., Егорова Г.П., Радченко Е.Е. Фитосанитарный мониторинг коллекции люпина узколистного ВИР на северо-западе Российской Федерации // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 3. С. 167–173. DOI: 10.30901/2227-8934-2021-3-167-173.
4. Агеева П.А., Почутин Н.А., Матюхина М.В. Люпин узколистный – источник ценных питательных веществ, для использования в кормопроизводстве // Кормопроизводство. 2020. № 10. С. 29–32. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-104-114.
5. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Назарова Т.О., Штырхунов В.Д., Никиточкин Д.Н., Шуркин А.Ю., Колотилина З.М. Зерновая продуктивность и азотфиксирующая способность люпина узколистного в зависимости от норм высевы, удобрений и применения гербицидов при разных погодных условиях в центре Нечерноземной зоны России // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. Т. 2. № 38. С. 104–114. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-104-114.

6. Trivedi Sh., Srivastava M.N., Srivastava A.K., Ratan V., Shahid Mo., Singh An., Pandey S., Dixit S., Srivastava Y.K. Status of Root and Foliar Fungal Diseases of Pulses at Different Agro-Climatic Zones of Uttar Pradesh, India // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2017. Vol. 6. N 11. P. 152–165. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.611.020.
7. Ahmad A., Thomas G.J., Barker S.J., MacLeod W.J. Genotype resistance, inoculum source and environment directly influence development of grey leaf spot (caused by *Stemphylium* spp.) and yield loss in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*) // *Crop and Pasture Science*. 2015. Vol. 67. N 1. P. 81–90. DOI: 10.1071/CP15073.
8. Пимохова Л.И., Яговенко Г.Л. Болезни и вредители люпина: система и средства защиты: монография. Брянск: Читай-город, 2020. 88 с.
9. Андреева И.В., Ашмарина Л.Ф., Шаталова Е.И. Особенности изменения фитосанитарного состояния кормовых культур в условиях Западной Сибири // *Достижение науки и техники АПК*. 2019. Т. 33. № 10. С. 26–30. DOI: 10.24411/035-2451-2019-11006.
10. Пимохова Л.И., Яговенко Г.Л., Царапнева Ж.В., Мисникова Н.В. Предпосевная обработка семян люпина узколистного против антракноза и других болезней // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2021. Т. 51. № 4. С. 22–32. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-4-83.
11. Запрудский А.А., Яговенко А.М., Гаджиева Г.И., Белова Е.С., Гутковская Н.С., Пенязь Е.В. Защита посевов кормовых бобов и люпина узколистного от болезней в период вегетации // *Наше сельское хозяйство*. 2020. № 9. С. 98–103.
12. Слесарева Т.Н., Лукашевич М.И. Люпин и некоторые вопросы технологии его возделывания // *Защита и карантин растений*. 2018. № 7. С. 12–16.
13. Тютерев С.Л. Проблемы устойчивости фитопатогенов к новым фунгицидам // *Вестник защиты растений*. 2001. № 1. С. 38–53.
1. Kosolapov V.M., Yagovenko G.L., Lukashevich M.I., Ageeva P.A., Novik N.V., Misnikova N.V., Slesareva T.N., Isaeva E.I., Taku-nov I.P., Pimokhova L.I., Yagovenko T.V. *Lupin: breeding, cultivation and use*. Bryansk, Bryansk regional polygraphic association, 2020, 304 p. (In Russian).
2. Taylor J.L., De Angelis G., Nelson M.N. How have narrow-leaved lupin genomics resources enhanced our understanding of lupin domestication? In: *The Lupin Genome. Compendium of Plant Genomes. Springer Cham.*, 2020, pp. 95–108. DOI: 10.1007/978-3-030-21270-4_8.
3. Abdulaev R.A., Vishnyakova M.A., Egorova G.P., Radchenko E.E. Phytosanitary monitoring of the narrow-leaved lupine collection of VIR in the northwest of Russia. *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2021, vol. 182, no. 3, pp. 167–173. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8934-2021-3-167-173.
4. Ageeva P.A., Pochutina N. A., Matyuhina M.V. Blue lupine — source of valuable nutrients in forage production. *Kormoproizvodstvo = Fodder production*, 2020, no. 10, pp. 29–32. (In Russian). DOI: 10.24412/2309-348H-2021-2-104-114.
5. Kononchuk V.V., Timoshenko S.M., Nazarova T.O., Shtyrhunov V.D., Nikitochkin D.N., Shurkin A.YU., Kolotilina Z.M. Grain productivity and nitrogen-fixing capacity of narrow-leaved lupine depending on seeding rates, fertilizers and application of herbicides under different weather conditions in the center of the Non-black earth zone of Russia. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and groat crops*, 2021, vol. 2, no. 38, pp. 104–114. (In Russian). DOI: 10.24412/2309-348H-2021-2-104-114.
6. Trivedi Sh., Srivastava M.N., Srivastava A.K., Ratan V., Shahid Mo., Singh An., Pandey S., Dixit S., Srivastava Y.K. Status of Root and Foliar Fungal Diseases of Pulses at Different Agro-Climatic Zones of Uttar Pradesh, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2017, vol. 6. no. 11, pp. 152–165. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.611.020.
7. Ahmad A., Thomas G.J., Barker S.J., MacLeod W.J. Genotype resistance, inoculum source and environment directly influence development of grey leaf spot (caused by *Stemphylium* spp.) and yield loss in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*). *Crop and Pas-*

REFERENCES

- ture Science, 2015, vol. 67, no. 1, pp. 81–90. DOI: 10.1071/CP15073.
8. Pimokhova L.I., Yagovenko G.L. *Diseases and pests of lupin: system and protection*. Bryansk, Chitai-gorod Publ., 2020, 88 p. (In Russian).
 9. Andreeva I.V., Ashmarina L.F., Shatalova E.I. Features of changes in the phytosanitary condition of forage crops in Western Siberia. *Dostizhenie nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 10, pp. 26–30. (In Russian). DOI: 10.24411/035-2451-2019-11006.
 10. Pimokhova L.I., G.L. Yagovenko G.L., Tsarapneva Zh.V., Misnikova N.V. Pre-sowing seed treatment of narrow-leaved lupin against anthracnose and other diseases. *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 4, pp. 22–32. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2021-4-83.
 11. Zaprudskij A.A., Yakovenko A.M., Gadzhieva G.I., Belova E.S., Gutkovskaya N.S., Penyaz' E.V. Protection of broad beans and narrow-leaved lupin crops against diseases in vegetation period. *Nashe sel'skoe hozyajstvo = Our agriculture*, 2020, no. 9, pp. 98–103. (In Russian).
 12. Slesareva T.N., Lukashevich M.I. Lupine and some issues of technology for its cultivation. *Zashchita i karantin rastenij = Plant Protection and Quarantine*, 2018, no. 7, pp. 12–16. (In Russian).
 13. Tyuterev S.L. Problems of phytopathogen resistance to new fungicides. *Vestnik zashchity rastenij = Plant Protection News*, 2001, no. 1, pp. 38–53. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пимохова Л.И., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Яговенко Г.Л., доктор сельскохозяйственных наук, директор

Царапнева Ж.В., старший научный сотрудник

Хараборкина Н.И., научный сотрудник

✉ **Мисникова Н.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь; **адрес для переписки:** Россия, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2; e-mail: lupin_nv misnikova@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Ludmila I. Pimokhova, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

German L. Yagovenko, Doctor of Science in Agriculture, Director

Zhanna V. Tsarapneva, Senior Researcher

Nina I. Kharaborkina, Researcher

✉ **Nadezhda V. Misnikova**, Candidate of Science in Agriculture, Research Secretary; **address:** 2, Berezovaya St., Michurinsky settl., Bryansk District, Bryansk Region, 241524, Russia; e-mail: lupin_nv misnikova@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 25.04.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 20.06.2022
Дата публикации / Published 26.09.2022



МОНИТОРИНГ И ХАРАКТЕРИСТИКА КУЛЬТУР *MYCOBACTERIUM AVIUM* SUBSP. *PARATUBERCULOSIS*, ВЫДЕЛЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

✉ Ионина С.В., Донченко Н.А., Смолянинов Ю.И., Донченко А.С.

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

✉ e-mail: labtub@mail.ru

Представлены результаты микробиологических исследований стандартизированного штамма и изолятов, относящихся к *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP), выделенных на территории Западной Сибири. Воспроизведена экспериментальная паратуберкулезная инфекция на нелинейных белых мышах с использованием внутрибрюшинного и внутривенного способов заражения опытными дозами 0,1; 0,25; 0,5 и 1,0 мл суспензии стандартизированного штамма и изолятов. Микробиологические исследования штамма и изолятов включали микроскопический, культуральный и биохимические методы: окраска мазков по Цилю – Нильсену; посеvy суспензии микобактерий на плотную яичную питательную среду Левенштейна – Йенсена с фактором роста микобактерий, предпосевной обработки биоматериала, полученного от лабораторных животных, с последующим посевом полученного осадка на яичные питательные среды с микобактериями. Биохимические тесты: рост патогенов при 30, 37 и 42 °C, определение амидазной активности; наличие роста колоний или его отсутствие на среде с салицилатом натрия, определение каталазной и арилсульфатазной активности, редукция нитратов, гидролиз твин-80, устойчивость к 5%-му хлориду натрия. По результатам проведенных исследований изученные культуры отнесены к 3-й группе микобактерий по классификации Раньона. У мышей, зараженных 0,1; 0,25; 0,5 и 1,0 мл суспензии стандартизированного штамма и изолятами внутрибрюшинно, выявлены увеличение легких, селезенки и печени, единичные гнойные очаги на печени, селезенке и брыжейке. Индекс высеваемости составил (++)2 – (+++)3 – (+++++)4. У мышей, зараженных 0,1; 0,25; 0,5 и 1,0 мл суспензии стандартизированного штамма и изолятами внутривенно, выявлены увеличение легких, селезенки и печени, печень мраморной окраски, гнойные очаги в печени. Индекс высеваемости составил (++)2 – (+++)3 – (+++++)4. Получены научные данные о культуральных, биохимических и биологических свойствах изолятов паратуберкулезных микобактерий, совпадающие с идентичными показателями стандартизированного штамма *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*, что позволяет отнести их к микобактериям паратуберкулеза. Биологический метод исследования на нелинейных белых мышах с использованием внутрибрюшинного и внутривенного способов заражения опытными дозами суспензий, содержащих стандартизированный штамм и изоляты возбудителя паратуберкулеза, позволил установить эффективность данных способов и доз для воспроизведения экспериментальной паратуберкулезной инфекции на нелинейных белых мышах.

Ключевые слова: паратуберкулез, изолят, микобактерии, биохимические тесты, биологическая проба, биоматериал

MONITORING AND CHARACTERIZATION OF *MYCOBACTERIUM AVIUM* SUBSP. *PARATUBERCULOSIS* CULTURES ISOLATED ON THE TERRITORY OF WESTERN SIBERIA

✉ Ionina S.V., Donchenko N.A., Smolyaninov Y.I., Donchenko A.S.

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

✉ e-mail: labtub@mail.ru

The results of microbiological studies of a standardized strain and isolates related to *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP) isolated in Western Siberia are presented. Experimental paratuberculosis infection was reproduced on nonlinear white mice using intraperitoneal and intravenous methods of infection with experimental doses of 0.1; 0.25; 0.5 and 1.0 ml of suspensions of standardized strains and isolates. Microbiological studies of strains and isolates included microscopic, cultural and biochemical methods: Ziehl-Neelsen staining of smears; inoculation of mycobacteria suspension on thick egg culture medium Lowenstein-Jensen with mycobactin growth factor; pre-sowing treatment of biomaterial obtained from laboratory animals with subsequent inoculation of the resulting sediment on egg culture medium with mycobactin. Biochemical tests: pathogen growth at 30, 37 and 42 °C, determination of amidase activity; presence of colony growth or its absence on medium with sodium salicylate, determination of catalase and arylsulfatase activity, nitrate reduction, hydrolysis of tween-80, resistance to 5% sodium chloride. According to the results of the studies, the cultures studied were classified as mycobacteria group 3 according to Runyon's classification. Mice infected with 0.1; 0.25; 0.5 and 1.0 ml of standardized strain suspension and isolates intraperitoneally showed enlargement of lungs, spleen and liver, single purulent foci on liver, spleen and mesentery. The isolation rate index was (++)2 to (+++)3 to (++++4). Mice infected with 0.1; 0.25; 0.5 and 1.0 ml of standardized strain suspension and intravenous isolates showed enlargement of lungs, spleen and liver, marbled liver, suppurative foci in liver. The isolation rate index was (++)2 to (+++)3 to (++++4). Scientific data on the cultural, biochemical and biological properties of isolates of paratuberculous mycobacteria coinciding with identical parameters of the standardized strain *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP) were obtained, which allows to refer them to mycobacteria of paratuberculosis. Biological method of research on nonlinear white mice using intraperitoneal and intravenous methods of infection with experimental doses of suspensions containing a standardized strain and isolates of the paratuberculosis pathogen, allowed to establish the effectiveness of these methods and doses for reproduction of experimental paratuberculosis infection on nonlinear white mice.

Keywords: paratuberculosis, isolate, mycobacteria, biochemical tests, biological sample, biomaterial

Для цитирования: Ионина С.В., Донченко Н.А., Смолянинов Ю.И., Донченко А.С. Мониторинг и характеристика культур *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*, выделенных на территории Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 58–66. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-6>

For citation: Ionina S.V., Donchenko N.A., Smolyaninov Y.I., Donchenko A.S. Monitoring and characterization of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* cultures isolated on the territory of Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 58–66. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-6>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Паратуберкулез (паратуберкулезный энтерит, болезнь Ионе) – хроническая энтеропатия жвачных и некоторых нежвачных животных, вызванная *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*. Заболевание преимущественно протекает без вы-

раженных клинических симптомов и может иметь различные формы проявления: от форм с высокой распространенностью и значительной летальностью к случаям с очень низкой распространенностью и невысокой заболеваемостью и редкой летальностью [1, 2].

Передача возбудителя молодым животным в основном осуществляется через фекалии инфицированных взрослых животных, многие из которых не имеют клинических признаков болезни. В связи с этим паратуберкулез был и остается одной из сложно контролируемых и диагностируемых инфекций ввиду того, что инкубационный период может длиться от 6 мес до 15 лет. Кроме того, патоген чрезвычайно устойчив к факторам внешней среды, где может выживать до года и более [3, 4].

Несмотря на то, что ветеринарная наука и практика в основном ориентированы на заболевание паратуберкулезом крупного рогатого скота, овец и коз, многие дикие животные (олени, горностаи, антилопы, лисы, горные козлы, бизоны, верблюды, ламы, ласки) также страдают от данной инфекции. Кроме того, *M. paratuberculosis* персистирует в организме лошадей, мулов и свиней, которые при инфицировании становятся бактерионосителями, активно выделяющими этот патоген во внешнюю среду. Значение инфицированного или больного животного как источника возбудителя паратуберкулеза связано с особенностями его выделения на разных стадиях инфекционного процесса. Это делает необходимым проведение детального изучения различных свойств возбудителя паратуберкулеза, которые имеют существенное значение в развитии патогенеза болезни и в проведении эффективных противозoonотических мероприятий [5, 6].

Для выявления больных паратуберкулезом животных используют аллергические и серологические методы прижизненной диагностики, а также микробиологические методы изоляции и идентификации возбудителя, включающие бактериологические и биохимические методы исследования, основанные на том, что в процессе метаболизма некоторые виды микобактерий проявляют различную ферментативную активность. Существует и биологический метод диагностики паратуберкулеза, в основе которого лежит моделирование инфекции на лабораторных животных (мыши, крысы, кролики, хомяки, песчанки, морские свинки) и

птицы (голуби) вследствие их способности реплицировать *M. paratuberculosis* при экспериментальном заражении. При этом необходимо отметить, что *M. avium* являются патогенными для кур и кроликов, тогда как *M. paratuberculosis* не патогенны для этих видов животных [7–9].

Современные диагностические тесты не способны распознать все стадии заболевания, что затрудняет диагностику и контроль проявления данной инфекции. Следовательно, недостаточная эффективность способов идентификации возбудителя и воспроизведения болезни на лабораторных и естественно восприимчивых животных является препятствием для изучения патогенеза, а также разработки эффективных методов диагностики и мер борьбы с этой болезнью [10, 11].

Все перечисленное выше указывает на то, что паратуберкулез остается одной из серьезных проблем для животноводства на ближайшие несколько десятков лет. Несмотря на проведение ветеринарных плановых профилактических и оздоровительных мероприятий, он продолжает наносить животноводству существенный экономический ущерб (см. рис. 1, 2) [12].



Рис. 1. Корова, больная паратуберкулезом
Fig. 1. A cow suffering from paratuberculosis



Рис. 2. Патологоанатомические изменения слизистой оболочки тонкого отдела кишечника у крупного рогатого скота при паратуберкулезе

Fig. 2. Pathological anatomical changes in the mucosa of the small intestine in bovine animals suffering from paratuberculosis

В связи с этим возникает необходимость усовершенствования с учетом мирового опыта высокоспецифических и чувствительных методов диагностики паратуберкулеза крупного рогатого скота, особенно выявление животных в начальной стадии болезни, а также в период выделения возбудителя с фекалиями во внешнюю среду. Использование всего комплекса диагностических методов обнаружения возбудителя паратуберкулеза позволит своевременно планировать и проводить эффективные противоэпизоотические мероприятия, что даст возможность предотвратить неконтролируемое распространение этого заболевания в стадах крупного рогатого скота, а также среди других видов домашних и диких животных.

Цель исследования – изучить культуральные, биохимические и биологические свойства микобактерий, изолированных от животных и птиц, относящихся к *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для проведения научных исследований использованы микроскопический метод окраски мазков по Цилю – Нильсену; куль-

туральный метод, включающий посевы суспензии микобактерий на плотную яичную питательную среду Левенштейна – Йенсена с фактором роста микобактином, так как *M. paratuberculosis* являются микобактинзависимыми, и предпосевную обработку биоматериала, полученного от лабораторных животных с последующим посевом полученного осадка на яичные питательные среды с микобактином. Биохимические тесты: рост патогенов при 30, 37 и 42 °С, определение амидазной активности; наличие роста колоний или его отсутствие на среде с салицилатом натрия, определение каталазной и арилсульфатазной активности, редукция нитратов, гидролиз твин-80, устойчивость к 5%-му хлориду натрия. Определение нитратредуктазной активности проводили по методу Тсукамура, каталазной активности – по методике G. Weyne (1962 г.), гидролиз твин-80 – по модифицированному методу G. Weyne (1964 г.), амидазную активность микобактерий паратуберкулеза – по методу Такэ¹ [13]. Биологический метод заключался в инфицировании нелинейных белых мышей различными дозами суспензии исследуемых культур внутрибрюшинно и внутривенно. Всего было сформировано 32 опытных и 8 контрольных групп лабораторных животных, в каждой из которых находилось по 5 мышей средней массой 23 г.

Для инфицирования мышей использовали суспензию, содержащую 1 мг бактериальной массы культур патогенов, растворенных в 1 мл физиологического раствора. Мышей инфицировали однократно внутривенно в хвостовую вену и внутрибрюшинно, вводя 0,1; 0,25; 0,5 и 1,0 мл суспензии. Длительность опыта составила 4 мес (120 дней), по истечении которого провели плановую эвтаназию животных с последующим вскрытием и взятием биоматериала (легкие, печень, селезенка). Внутренние органы обрабатывали методом А.П. Аликаевой² с последующим посевом полученных суспензий на

¹Новые методы исследования возбудителей антропоознозов. Туберкулез: метод. рекомендации. М.: РАСХН, 2003. 50 с.

²Животные и птица сельскохозяйственные. Методы лабораторной диагностики туберкулеза: ГОСТ 26072–89 (СТ СЭВ 3457–81). М.: Издательство стандартов, 1989. 13 с.

яичную питательную среду с микобактерином. Появления роста колоний учитывали через каждые 2 дня в течение первой недели, затем один раз в неделю.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для проведения комплекса исследований отобраны стандартизированный штамм Центрально-Любинский (ВНИИБТЖ) и три изолята, выделенных из биологического материала животных и птиц в различных природно-географических зонах Западной Сибири.

Результаты культуральных и биохимических исследований. Штамм Центрально-Любинский выделен из тонкого отдела кишечника крупного рогатого скота, имеющего характерные для паратуберкулезного энтерита изменения в виде выраженной складчатости и утолщения слизистой оболочки. Появление роста этого штамма на среде Левенштейна – Йенсена с микобактерином отмечено на 8-е сутки в виде колоний светлого цвета (бежевого), расположенных отдельно друг от друга, среднего размера с углублением в центре (R форма). При 30 °C штамм микобактерий не проявлял роста, при 37 °C отмечали обильный рост, при 42 °C рост был скудным. Амидазная активность у патогена отрицательная, каталазная – незначительная. Отмечен положительный рост на среде с салицилатом натрия и гидролиз твин-80 (6-й день). Арилсульфатазная активность и редукция нитратов отрицательные, устойчивость к 5%-й NaCl отсутствовала.

Изолят № 1 выделен из подчелюстных лимфатических узлов свиньи с наличием казеозных очагов. При пассажах на среде Левенштейна – Йенсена с микобактерином появление роста патогена отмечали на 5-е сутки. Колонии имели светло-бежевый цвет, были слившимися и отдельными между собой, шероховатой консистенции (R форма). При 30 °C рост колоний отсутствовал, при 37 °C был интенсивным, при 42 °C – скудным. Амидазная активность отсутствовала, у изолята – слабо выраженная каталазная активность. Отмечен рост на среде с салицилатом натрия. Гидролиз твин-80 был положительным (5-й день). Арилсульфатазная активность и редукция нитратов отрицательные,

устойчивость к 5%-й NaCl отсутствовала. На основании проведенных диагностических тестов изолят отнесен к 3-й группе микобактерий по классификации Раньона.

Изолят № 2 выделен из тонкого отдела кишечника крупного рогатого скота, имеющего характерные для паратуберкулезного энтерита патологические изменения в виде выраженной складчатости и утолщения слизистой оболочки. При пассажах на среде Левенштейна – Йенсена с микобактерином появление роста патогена отмечено на 8-е сутки. Колонии имели светлый цвет, были крупными и средними по размеру, отдельными друг от друга, шероховатой и слизистой консистенции (R и S форма). При 30 °C рост колоний отсутствовал, при 37 °C наблюдали интенсивный рост, при 42 °C рост был скудным. Амидазная активность отсутствовала, выраженность каталазной активности слабая, отмечено появление роста колоний на среде с салицилатом натрия. Гидролиз твин-80 положительный (5-й день), арилсульфатазная активность и редукция нитратов отрицательные, устойчивость к 5%-й NaCl отсутствовала. На основании проведенных диагностических тестов изолят отнесен к 3-й группе микобактерий по классификации Раньона.

Изолят № 3 изолирован из внутренних органов вороны. При пассажах на среде Левенштейна – Йенсена с микобактерином появление первичного роста патогена отмечено на 6-е сутки, колонии были светло-бежевого цвета, мелкими и средними по размеру, слившимися между собой, шероховатой консистенции (R форма). При 30 °C рост патогена отсутствовал, при 37 °C отмечен обильный рост, при 42 °C – скудный. Амидазная активность отсутствовала, каталазная активность слабо выражена. Рост патогена был положительным на среде с добавлением салицилата натрия. Гидролиз твин-80 положительный (6-й день), арилсульфатазная активность и редукция нитратов отрицательные, устойчивость к 5%-й NaCl отсутствовала. На основании проведенных диагностических тестов изолят отнесен к 3-й группе микобактерий по классификации Раньона (см. табл. 1, рис. 3).

Табл. 1. Результаты культурального и биохимических исследований стандартизированного штамма и изолятов паратуберкулезного патогенов

Table 1. Results of cultural and biochemical studies of a standardized strain and isolates of the paratuberculosis pathogen

Культуральные свойства	Рост, °C			Ами- дазная актив- ность	Ката- лазная актив- ность	Рост на среде с са- лицил- латом Na	Ги- дро- лиз твин- 80	Арил- суль- фатаз- ная актив- ность	Редук- ция нитра- тов	Рост на среде с 5%-й NaCl
	30	37	42							
Стандартизированный штамм: колонии светлого цвета (бежевые), расположенные отдельно друг от друга, среднего размера с углублением в центре (R форма)	–	+	+/-	–	+/-	+	+	–	–	–
Изолят № 1: колонии светло-бежевого цвета, слившиеся и отдельные между собой, шероховатой консистенции (R форма)	–	+	+/-	–	+/-	+	+	–	–	–
Изолят № 2: колонии светлого цвета, крупные и средние по размеру, отдельные друг от друга, шероховатой и слизистой консистенции (R и S форма)	–	+	+/-	–	+/-	+	+	–	–	–
Изолят № 3: колонии светло-бежевого цвета, мелкие и средние по размеру, слившиеся между собой, шероховатой консистенции (R форма)	–	+	+/-	–	+	+	+	–	–	–

Микроскопическое исследование культур штамма и изолятов патогенов показало наличие в мазках, окрашенных по Цилю – Нильсену, кислотоустойчивых зернистых палочек, расположенных кучками в виде «палисадника», что является характерным признаком MAP.

Сокращение сроков появления первичного роста исследуемых штамма и изолятов возбудителя паратуберкулеза при многочисленных пассажах на плотные яичные питательные среды обусловлено их адаптацией к благоприятным условиям культивирования, приводящим к варьированию количественного содержания миколовых кислот на поверхности бактериальных клеток, что вызывает изменение толщины и проницаемости их мембраны. Данный процесс отражается, в свою очередь, на увеличении или уменьшении гидрофобности клеточной стенки и, как следствие, приводит к увеличению уровня поступления питательных веществ в клетку, что влияет на скорость и интенсивность роста их культур. Необходимо отметить, что после третьего и последующих пассажей на плотных яичных питательных средах R-субкультуры исследуемых патогенов приобретали способность к росту на

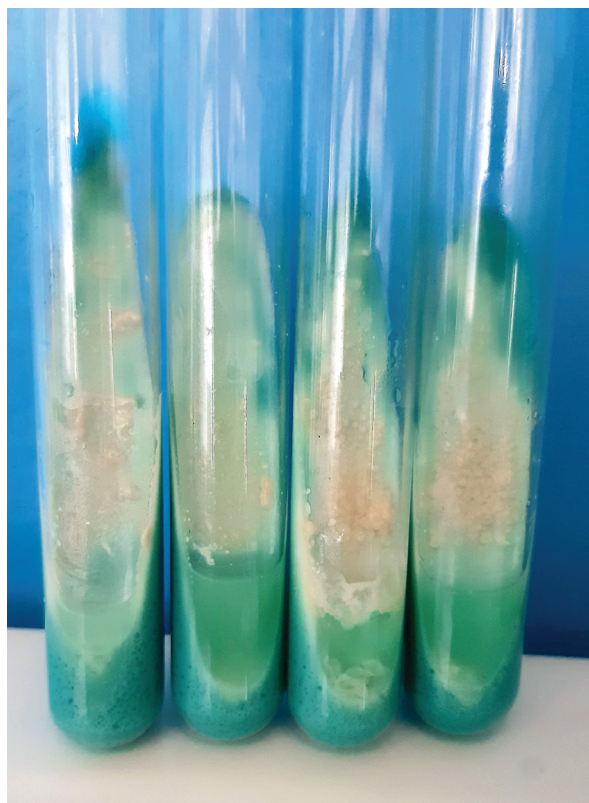


Рис. 3. Рост культур штамма и изолятов возбудителя паратуберкулеза на яичной питательной среде Левенштейна – Йенсена с фактором роста микобактерии

Fig. 3. Growth of cultures of paratuberculosis strains and isolates on Lowenstein-Jensen egg culture medium with growth factor mycobactin

картофельной среде Павловского даже без фактора роста микобактерина [14].

Проведенные биологические исследования показали, что у мышей опытных групп масса тела была меньше, чем в контрольных группах. На вскрытии у мышей, зараженных 0,1; 0,25; 0,5 и 1,0 мл суспензии стандартизированного штамма паратуберкулезного патогена внутрибрюшинно, выявлены незначительное увеличение легких, селезенки и печени, единичные гнойные очаги на печени. Индекс высеваемости составил ++(2) – +++(4).

Заражение белых мышей идентичными дозами стандартизированного штамма патогена внутривенно привело к увеличению легких, печени и селезенки, при этом печень имела мраморную окраску с гнойными очагами. Индекс высеваемости составил ++(2) – +++(4).

У мышей, зараженных 0,1; 0,25; 0,5 и 1,0 мл суспензии изолята № 1 паратуберкулезного патогена внутрибрюшинно, на вскрытии установлено увеличение легких, печени и селезенки с гнойными очагами на печени и селезенке. Индекс высеваемости составил ++(2) – +++(3). При внутривенном инфицировании у мышей отмечали увеличение легких, печени и селезенки. Индекс высеваемости составил ++(2) – +++(3).

У инфицированных белых мышей 0,1; 0,25; 0,5 и 1,0 мл суспензии изолята № 2 па-

ратуберкулезного патогена внутрибрюшинно на вскрытии отмечено увеличение легких, печени и селезенки, а также единичные гнойные очаги на брыжейке. Индекс высеваемости ++(2) – +++(3).

Инфицирование белых мышей идентичными дозами изолята № 2 паратуберкулезного патогена внутривенно выявило увеличение печени и селезенки. Индекс высеваемости ++(2) – +++(3).

Патологоанатомическим вскрытием белых мышей, зараженных 0,1; 0,25; 0,5 и 1,0 мл суспензии изолята № 3 паратуберкулезного патогена внутрибрюшинно, обнаружено незначительное увеличение легких, печени и селезенки с гнойными очагами на печени и брыжейке. Индекс высеваемости составил ++(2) – +++(3). Вскрытие мышей, зараженных внутривенно, выявило увеличение печени и селезенки с гнойными очагами в печени. Индекс высеваемости ++(2) (см. табл. 2).

Бактериоскопическое исследование мазков паратуберкулезных патогенов, изолированных из внутренних органов белых мышей во всех опытных группах, окрашенных по Цилю – Нильсену, показало наличие единичных кислотоустойчивых зернистых палочек, расположенных группами или в виде «палисадника», что характерно для возбудителя паратуберкулеза.

Табл. 2. Результаты биологической пробы на нелинейных белых мышах, зараженных различными способами и дозами штамма и изолятов паратуберкулезных патогенов

Table 2. Results of biological assay on nonlinear white mice infected in different ways and with doses of strains and isolates of paratuberculosis pathogens

Штамм и изоляты	Способ и доза заражения	
	Внутрибрюшинный (0,1; 0,25; 0,5; 1,0 мл)	Внутривенный (0,1; 0,25; 0,5; 1,0 мл)
	Патологоанатомические изменения. Индекс высеваемости	
Стандартизированный штамм	Незначительное увеличение легких, селезенки и печени, единичные гнойные очаги на печени. Индекс высеваемости ++(2) – +++(4)	Увеличение легких, печени и селезенки, печень мраморной окраски с гнойными очагами. Индекс высеваемости ++(2) – +++(4)
Изолят № 1	Увеличение легких, печени и селезенки с гнойными очагами на печени и селезенке. Индекс высеваемости ++(2) – +++(3)	Увеличение легких, печени и селезенки. Индекс высеваемости ++(2) – +++(3)
Изолят № 2	Увеличение легких, печени и селезенки, а также единичные гнойные очаги на брыжейке. Индекс высеваемости ++(2) – +++(3)	Увеличение печени и селезенки. Индекс высеваемости ++(2) – +++(3)
Изолят № 3	Незначительное увеличение легких, печени и селезенки с гнойными очагами на печени и брыжейке. Индекс высеваемости ++(2) – +++(3).	Увеличение печени и селезенки, гнойные очаги в печени. Индекс высеваемости ++(2)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение комплекса лабораторных методов исследования изолятов паратуберкулезных микобактерий, выделенных на территории Западной Сибири из биоматериала животных и птиц, позволило получить научные данные об их культуральных, биохимических и биологических свойствах, совпадающих с идентичными показателями стандартизированного штамма *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*, что позволяет отнести их к микобактериям аналогичного патогена.

Биологический метод исследования на нелинейных белых мышах с использованием внутрибрюшинного и внутривенного способов заражения опытными дозами суспензий, содержащих стандартизированный штамм и выделенные изоляты возбудителя паратуберкулеза, позволил установить эффективность данных способов и доз для воспроизведения экспериментальной паратуберкулезной инфекции на нелинейных белых мышах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nielsena S.S., Toftb N. Ante mortem diagnosis of paratuberculosis: A review of accuracies of ELISA, interferon- γ assay and faecal culture techniques // *Veterinary Microbiology*. 2008. Vol. 129. Iss. 3–4. N 22. P. 217–235.
2. Whittington R.J. Progress towards understanding the spread, detection and control of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in animal populations // *Australian Veterinary Journal*. 2001. N 79 (4). P. 267–78.
3. Бинхун Х. Распространение и методы диагностики паратуберкулеза у крупного рогатого скота в России (обзорная статья) // *Успехи современной науки и образования*. 2016. Т. 4. № 6. С. 135–141.
4. Fecteau M.-E. Paratuberculosis in Cattle // *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2018. N 34 (1). P. 209–222. DOI: 10.1016/j.cvfa.2017.10.011.
5. Chaubey K.K., Gupta R.D., Gupta S., Singh S.V., Bhatia A.K., Jayaraman S., Kumar N., Goel A., Rathore A.S., Sohal J.S., Stephen B.J., Singh M., Goyal M., Dhama K., Derakhshandeh A. Trends and advances in the diagnosis and control of paratuberculosis in domestic

livestock // *Vet Q*. 2016. N 36 (4). P. 203–227. DOI: 10.1080/01652176.2016.1196508.

6. Jones R.L. Review of the economic impact of John's disease in the United States. In A.R. Milner and P.R. Wood (ed.), *John's disease. Current trends in research, diagnosis and management* // Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Australia, Melbourne, 1989. P. 46–50.
7. Griffin J.F.T. The aetiology of tuberculosis and mycobacterial diseases in farmed deer// *Veterinary Journal*. 1988. N 42. P. 23–26.
8. Hamilton H.L., Cooley A.J., Adams J.L., Czuprynski C.J. *Mycobacterium paratuberculosis* mono associated nude mice as a paratuberculosis model // *Veterinary Pathology*. 1991. N 28. P. 146–155.
9. Mokresh A.H., Czuprynski C.J., Butler D.G. A rabbit model for study of *Mycobacterium paratuberculosis* infection // *Infection and Immunity*. 1989. N 57. P. 3798–3807.
10. Britton L.E., Cassidy J.P., O'Donovan J., Gordon S.V., Markey B. Potential application of emerging diagnostic techniques to the diagnosis of bovine John's disease (paratuberculosis) // *Veterinary Journal*. 2016. N 209. P. 32–39. DOI: 10.1016/j.tvjl.2015.10.033.
11. Thoen C.O., Baum K.H. Current knowledge on Paratuberculosis // *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1988. Vol. 192. N 4. P. 1609–1642.
12. Hasonova L., Pavlik I. Economic impact of paratuberculosis in dairy cattle // *Journal of Veterinary Medical Science*. 2006. N 51. P. 193–211.
13. Лазовская А.Л. Патогенные и условно-патогенные микобактерии: монография. Горький: Волго-Вятское книжное издательство, 1976. 116 с.
14. Завгородний А.И., Позмогова С.А., Калашник Н.В. Изучение ростовой активности культур *Mycobacterium avium subspecies paratuberculosis*, изолированных от коров с латентной и клиническими формами паратуберкулеза // *Эпизоотология, иммунология, фармакология и санитария*. 2019. № 2. С. 14–20.

REFERENCES

1. Nielsena S.S., Toftb N. Ante mortem diagnosis of paratuberculosis: A review of accuracies of ELISA, interferon- γ assay and faecal culture

- techniques. *Veterinary Microbiology*, 2008, vol. 129, iss. 3-4, no. 22, pp. 217–235.
2. Whittington R.J. Progress towards understanding the spread, detection and control of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in animal populations. *Australian Veterinary Journal*, 2001, no. 79 (4), pp. 267–278.
 3. Binkhun Kh. Prevalence and diagnostic methods of paratuberculosis in cattle in Russia (review article). *Uspekhi sovremennoi nauki i obrazovaniya = Success of Modern Science and Education*, vol. 4. 2016, no. 6, pp. 135–141. (In Russian).
 4. Fecteau M.-E. Paratuberculosis in Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 2018, no. 34 (1), pp. 209–222. DOI: 10.1016/j.cvfa.2017.10.011.
 5. Chaubey K.K., Gupta R.D., Gupta S, Singh S.V., Bhatia A.K., Jayaraman S., Kumar N., Goel A., Rathore A.S., Sohal J.S., Stephen B.J., Singh M., Goyal M., Dhama K., Derakhshandeh A. Trends and advances in the diagnosis and control of paratuberculosis in domestic livestock. *Vet Q*, 2016, no. 36 (4), pp. 203–227. DOI: 10.1080/01652176.2016.1196508.
 6. Jones R.L. Review of the economic impact of Johne's disease in the United States. In A.R. Milner, P.R. Wood (ed.), *Johne's disease. Current trends in research, diagnosis and management. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*, Australia, Melbourne, 1989, pp. 46–50.
 7. Griffin J.F.T. The aetiology of tuberculosis and mycobacterial diseases in farmed deer. *Veterinary Journal*, 1988, no. 42, pp. 23–26.
 8. Hamilton H.L., Cooley A.J., Adams J.L., Czuprynski C.J. *Mycobacterium paratuberculosis* mono associated nude mice as a paratuberculosis model. *Veterinary Pathology*, 1991, no. 28, pp. 146–155.
 9. Mokresh A.H., Czuprynski C.J., Butler D.G. A rabbit model for study of *Mycobacterium paratuberculosis* infection. *Infection and Immunity*, 1989, no. 57, pp. 3798–3807.
 10. Britton L.E., Cassidy J.P., O'Donovan J., Gordon S.V., Markey B. Potential application of emerging diagnostic techniques to the diagnosis of bovine Johne's disease (paratuberculosis). *Veterinary Journal*, 2016, no. 209, pp. 32–39. DOI: 10.1016/j.tvjl.2015.10.033.
 11. Thoen C.O., Baum K.H. Current knowledge on Paratuberculosis. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 1988, vol. 192, no. 4, pp. 1609–1642.
 12. Hasonova L., Pavlik I. Economic impact of paratuberculosis in dairy cattle. *Journal of Veterinary Medical Science*, 2006, no. 51, pp. 193–211.
 13. Lazovskaya A.L. *Pathogenic and conditionally pathogenic mycobacteria*. Gorky: Volgo-Vyatskoe Book Publisher, 1976, 116 p. (In Russian).
 14. Zavgorodnii A.I., Pozmogova S.A., Kalashnik N.V. Study of the growth activity of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* cultures isolated from cows with latent and clinical forms of paratuberculosis. *Epizootologiya, immunobiologiya, farmakologiyaisanitariya = Epizootology Immunobiology Pharmacology Sanitation*, 2019, no. 2, pp. 14–20. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Донченко Н.А., доктор ветеринарных наук, руководитель научного направления

Смолянинов Ю.И., доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник

Донченко А.С., доктор ветеринарных наук, академик РАН, главный научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Svetlana V. Ionina**, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: labtub@mail.ru

Nikolay A. Donchenko, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head of Research Group

Yury I. Smolyaninov, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher

Alexandr S. Donchenko, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Academician RAS, Head Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 27.05.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 08.07.2022
Дата публикации / Published 26.09.2022

ВЛИЯНИЕ РАЗНОГО УРОВНЯ КОРМЛЕНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ БЫЧКОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ

Шевхужев А.Ф., (✉) Погодаев В.А.

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр

Ставропольский край, г. Михайловск, Россия

(✉) e-mail: pogodaev_1954@mail.ru

Представлены исследования по регулированию уровня кормления молодняка животных в постэмбриональный период. Установлено влияние различных уровней кормления на скорость роста, развитие, мясную продуктивность, формирование мясности и соотношение важнейших тканей в туше молодняка черно-пестрой породы крупного рогатого скота в различные возрастные периоды. Схема выращивания молодняка была следующей: 1-я группа – повышенный уровень кормления до 14-месячного возраста, 1-я (а) – выращивание молодняка до 8 мес так же, как и животных 1-й группы (повышенный уровень кормления), от 8 до 14 мес – содержание на среднем хозяйственном кормлении; 2-я группа – хозяйственное среднее кормление до 14 мес, 2-я (а) – до 8 мес – хозяйственное (среднее) кормление, от 8 до 14 мес – повышенный уровень кормления. За 14 мес выращивания израсходовали на каждую голову в 1-й группе 2114,8 ЭКЕ, во 2-й (а) – 1888,1, в 1-й (а) – 1919,0, во 2-й – 1692,3 ЭКЕ, за 18 мес выращивания: в 1-й группе – 3673,2, во 2-й (а) – 3345,6, в 1-й (а) – 3197,4, во 2-й – 3240,0 ЭКЕ. У молодняка 1-й группы, находившегося на улучшенном кормлении, среднесуточный прирост за весь период составил 837 г, что на 124, 161 и 170 г ($p > 0,999$) больше, чем у молодняка 2-й (а), 1-й (а) и 2-й групп соответственно. При высоком уровне кормления молодняка крупного рогатого скота на мясо отмечено резкое увеличение мясной продуктивности и улучшение качества мяса. При этом снижались затраты кормов на производимую продукцию и повышалась экономическая эффективность выращивания скота. Уровень кормления оказывает дифференцированное влияние на развитие отдельных органов и тканей.

Ключевые слова: черно-пестрая порода, бычки, рост, мясные качества, уровень кормления, затраты кормов

INFLUENCE OF DIFFERENT LEVELS OF FEEDING ON THE PRODUCTIVITY OF BLACK-AND-WHITE BULL CALVES

Shevkhuzhev A.F., (✉) Pogodaev V.A.

North Caucasus Federal Agrarian Research Centre

Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russia

(✉) e-mail: pogodaev_1954@mail.ru

Studies on the regulation of the level of feeding of young animals in the post-embryonic period are presented. The effect of different levels of feeding on the growth rate, development, meat productivity, formation of meatiness and the ratio of the most important tissues in the carcass of young Black-and-White breed of cattle at different age periods has been established. The scheme of young animals rearing was as follows: Group 1 - increased level of feeding until 14 months of age, Group 1 (a) - rearing the young animals until 8 months in the same manner as in Group 1 (increased level of feeding), from 8 to 14 months - maintenance on medium farm feed; Group 2 - medium farm feed until 14 months, Group 2 (a) - until 8 months - medium farm (medium) feeding, from 8 to 14 months - increased level of feeding. For 14 months of rearing, 2114,8 EFU were spent per head in group 1, 1888,1 in group 2 (a), 1919,0 in group 1 (a), 1692,3 EFU in group 2; for 18 months of rearing: 3673,2 in group 1, 3345,6 in group 2 (a), 3397,4 in group 1 (a), 3240,0 EFU in group 2. Group 1 youngsters on improved feed had an average daily gain of 837 g for the whole period, which was 124, 161 and 170 g ($p > 0.999$) more than Group 2 (a), Group 1 (a) and Group 2 youngsters, respectively. At a high level of feeding young cattle for meat, a sharp increase in meat productivity and improved meat quality was noted. At the same time, the cost of feed for the products produced decreased and the economic efficiency of livestock breeding increased. The level of feeding has a differential effect on the development of individual organs and tissues.

Keywords: Black-and-White breed, bull calves, growth, meat qualities, nutritional level, feed costs

Для цитирования: Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А. Влияние разного уровня кормления на продуктивность бычков черно-пестрой породы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 67–76. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-7>

For citation: Shevkhezhev A.F., Pogodaev V.A. Influence of different levels of feeding on the productivity of Black-and-White bull calves. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 67–76. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-7>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из элементов перспективной модели развития отечественного скотоводства является повышение уровня продуктивности животных, находящейся в прямой зависимости от уровня кормления, ведения селекционной работы, рационального использования мирового и отечественного генотипа крупного рогатого скота [1–4].

Рост потребности в мясе как пищевом продукте и необходимость получения его с наименьшими затратами кормов и средств выдвигают в качестве главной задачи в скотоводстве создание животных с высокой энергией роста, хорошей оплатой корма, способных достигать к 15–18-месячному возрасту крупной живой массы с высоким убойным выходом и хорошими качественными показателями мяса [5–9].

В настоящее время основное количество говядины поставляют хозяйства молочного и молочно-мясного направления продуктивности. Изучение влияния уровня кормления на рост, развитие и мясную продуктивность крупного рогатого скота – одна из важных задач зоотехнической науки и практики. Кормление служит могущественным фактором формирования животного. Вопросу о влиянии питания на рост, развитие и мясную продуктивность посвящены работы многих ученых [10–14]. Регулированием уровня кормления молодняка в постэмбриональный период можно изменить скорость роста животных, формирование мясности и соотношение важнейших тканей в туше (мускулатура, костяк, жир).

Цель работы – установить влияние различных уровней кормления на рост, развитие, мясную продуктивность молодняка черно-пестрой породы крупного рогатого скота в различные возрастные периоды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Опыт по выращиванию молодняка черно-пестрой породы до 18 мес проведен в 2019, 2020 гг. в СПК ПЗ «Заря-1» Карачаево-Черкесской Республики. По методу аналогов подопытных бычков распределили в группы по 15 гол. в каждой. Схема выращивания молодняка была следующей:

- 1-я группа: повышенный уровень кормления до 14-месячного возраста;

- 1-я (а) группа: выращивание молодняка до 8 мес так же, как и животных 1-й группы (повышенный уровень кормления), от 8 до 14 мес – содержание на среднем хозяйственном кормлении;

- 2-я группа: хозяйственное среднее кормление до 14 мес;

- 2-я (а) группа: до 8 мес – хозяйственное (среднее) кормление, от 8 до 14 мес – повышенный уровень кормления.

В возрасте от 14 до 16 мес молодняк всех групп поставили в одинаковые условия пастбищного содержания, от 16 до 18 мес – на интенсивный откорм.

Кастрировали бычков в 3-месячном возрасте. Учет роста и развития животных осуществляли путем индивидуального взвешивания в начале опыта и в 9-, 12-, 16- и 18-месячном возрасте. На основании взвешиваний вычисляли абсолютный, среднесуточный и относительный прирост живой массы по периодам опыта и за весь цикл выращивания и откорма.

Для изучения мясной продуктивности провели контрольный убой трех бычков из каждой группы в 14- и 18-месячном возрасте по методике ВИЖ, ВНИИМП. Убой осуществляли на мясокомбинате ОАО РАПП «Кавказ-мясо». При организации контрольного убоя устанавливали предубойную живую массу, массы парной туши и внутренне-

го жира-сырца, относительный выход туши и убойный выход.

Морфологический состав определяли путем обвалки полутуши, охлажденной в течение 24 ч при температуре от 0 до 4 °С. На основании обвалки и жиловки вычисляли абсолютное и относительное содержание костей, мякотной части, сухожилий и хрящей, а также индекс мясности (выход мякотной части на 1 кг костей), массу и выход естественно-анатомических частей туши (ВНИИМС).

Для изучения качественных показателей говядины отбирали средние пробы мякотной части туши массой 400 г, длиннейшей мышцы спины и жира от трех туш из каждой группы разной локализации по 200 г.

Химический состав мышечной и жировой ткани определяли согласно методикам зоотехнического анализа.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали математическим методом вариационной статистики. Достоверность разности определяли по критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По количеству скормленных кормов и их питательности между группами имелись существенные различия. Так, за 8 мес молодняк 1-й группы израсходовал кормов на 870,9 ЭКЕ, или 26%, больше, чем молодняк 2-й группы. В возрасте от 8 до 14 мес бычки 1-й и 2-й (а) групп получили в кормах на 195,8 ЭКЕ больше, чем бычки 2-й и 1-й (а).

За 14 мес выращивания на каждую голову в 1-й группе израсходовано 2114,8 ЭКЕ, во

2-й (а) – 1888,1, в 1-й (а) – 1919,0, во 2-й – 1692,3 ЭКЕ. За этот период молодняку 1-й группы скормили на 422,5 ЭКЕ, или 24,9%, больше, чем бычкам 2-й. Животные «переводных» групп (1-я (а) и 2-я (а)) получили на 195,8 и 226,7 ЭКЕ, или 11–13%, больше молодняк 2-й группы. Таким образом, по количеству кормов «переводные» группы занимали промежуточное положение между бычками 1-й и 2-й групп. В летний период животных всех групп перевели на пастбищное содержание. За 60 дней нагула в среднем на одного бычка в 1-й группе скормлено травы 17 ц, во 2-й – 18,5, в 1-й (а) – 20,4 и во 2-й (а) – 19,2 ц.

За 18 мес выращивания израсходовано кормов на каждую голову, ЭКЕ: в 1-й группе – 3673,2, 1-й (а) – 3197,4, во 2-й – 3240,0 и 2-й (а) – 3345,6.

Установлено, что в различные периоды в зависимости от уровня кормления изменялась живая масса молодняк (см. табл. 1, рис. 1).

Анализ характера роста показывает, что при выращивании в первые 8 мес после рождения на пониженном кормлении с последующим переводом на улучшенное кормление бычки хорошо растут, у них значительно компенсируется отставание в росте. Однако имеющаяся задержка роста у молодняк 2-й (а) группы в 8-месячном возрасте после перевода их на повышенное кормление не была полностью компенсирована даже к 18 мес. Очевидно, уровень повышенного кормления, применимый в данном опыте, не обеспечил полного восстановления живой массы в данный период.

Табл. 1. Изменение живой массы молодняк с возрастом, кг ($n = 15$)

Table 1. Change in live weight of young animals with age, kg ($n = 15$)

Группа	Возраст, мес						
	при рождении	6	8	12	14	16	18
1-я	32 ± 0,34	156 ± 0,39	208 ± 0,32	312 ± 0,32	364 ± 0,73	406 ± 0,37	484 ± 0,42
1-я (а)	30 ± 0,36	158 ± 0,51	209 ± 0,53	265 ± 0,56	292 ± 0,60	341 ± 0,38	395 ± 0,87
2-я	29 ± 0,52	126 ± 0,40	159 ± 0,32	220 ± 0,35	241 ± 0,54	317 ± 0,76	389 ± 0,72
2-я (а)	30 ± 0,58	121 ± 0,54	158 ± 0,62	238 ± 0,72	268 ± 0,64	339 ± 0,56	415 ± 0,82

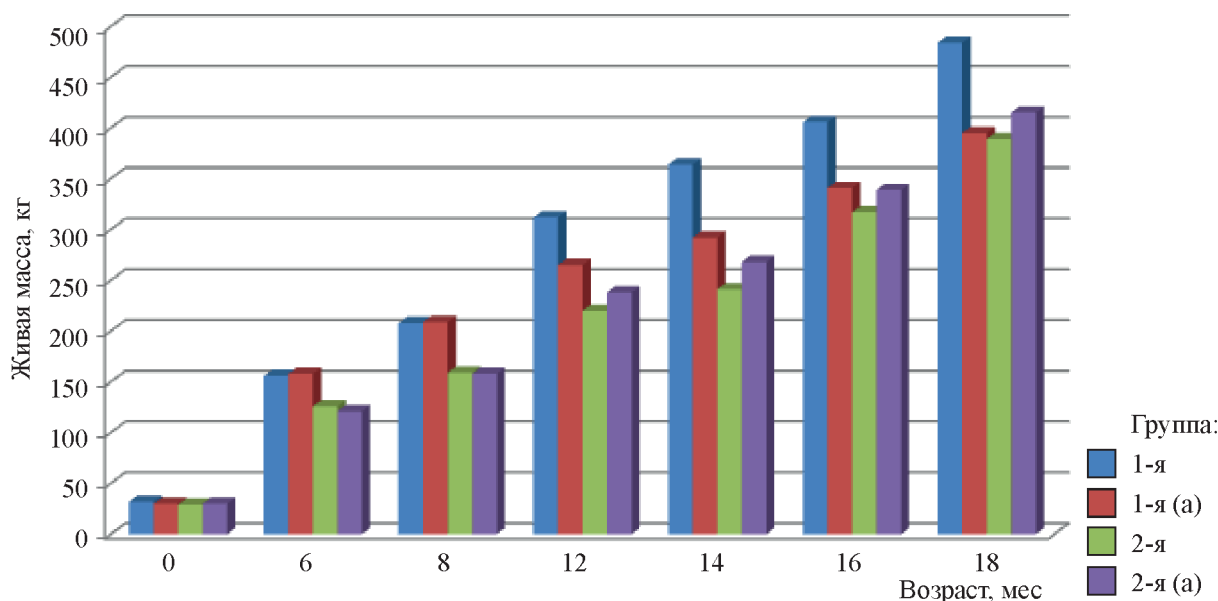


Рис. 1. Динамика среднего значения живой массы бычков, кг

Fig. 1. Dynamics of the average live weight of bulls, kg

Возникает вопрос: как растет молодняк при переводе с повышенного уровня кормления на более низкий? Анализ роста в «переводной» 1-й (а) группе имеет совсем иную картину. После перехода на пониженный уровень кормления у молодняка приросты оказались ниже, чем у аналогов, выращенных на среднем уровне кормления. Так, при одинаковом кормлении от 8 до 14 мес у бычков 1-й (а) группы среднесуточный при-

рост составлял 442 г, у бычков 2-й – 690 г, или на 36% больше ($p > 0,999$) (см. рис. 2). При этом следует отметить, что у молодняка 1-й группы, находившегося на улучшенном кормлении, среднесуточный прирост за весь период равнялся 837 г. Данный показатель на 124, 161 и 170 г ($p > 0,999$) больше значений молодняка 2-й (а), 1-й (а) и 2-й групп соответственно.

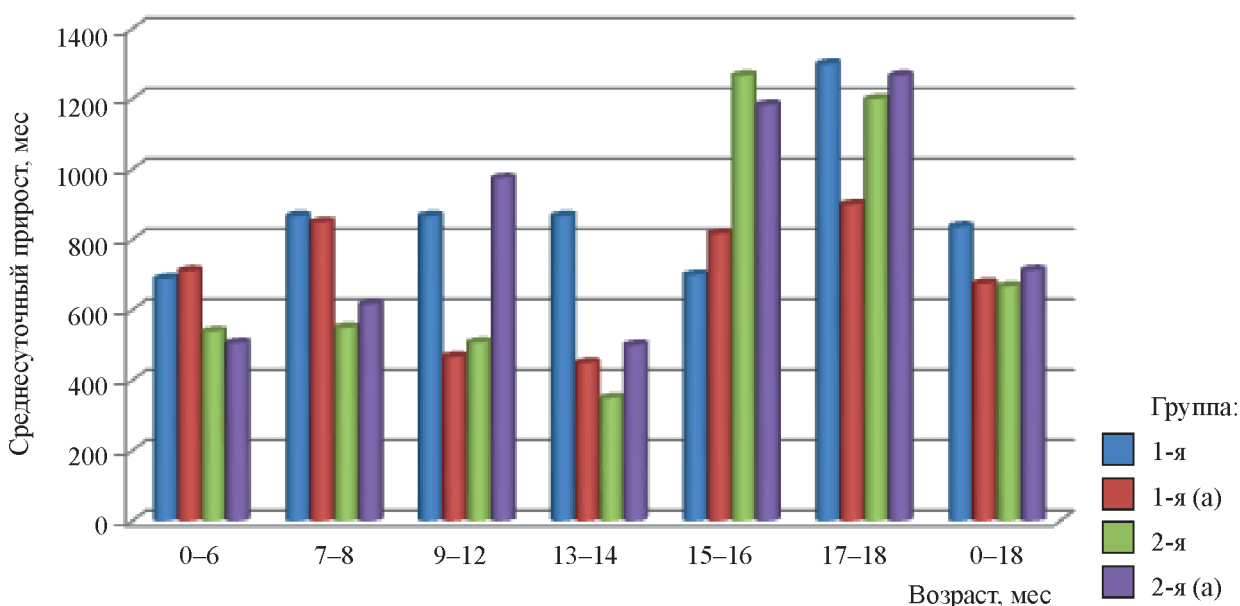


Рис. 2. Динамика среднесуточного прироста живой массы бычков, г

Fig. 2. Dynamics of the average daily increase in live weight of bulls, g

У молодняка, переведенного в 8-месячном возрасте с улучшенного кормления на хозяйственное (1-я (а) группа), зимой среднесуточный прирост составил на 248 г ($p > 0,99$) меньше, чем у молодняка 2-й группы, и на 428 г, 478 г ($p > 0,999$), меньше, чем в 1-й и 2-й (а) группах.

В дальнейшем молодняк всех групп перевели на пастбищное кормление. В период нагула разница была небольшой. Хуже использовал пастбище молодняк 1-й группы, значительно уступавший животным всех других групп: суточный прирост у него отмечен более низким (700 г). Экспериментальная 1-я группа оказалась более требовательной к кормам. Очевидно, пищеварительная система этих животных была хуже подготовлена к использованию растительных объемистых кормов. Однако на заключительном откорме бычки 1-й группы имели высокие среднесуточные приросты живой массы (1300 г) и превосходили сверстников 2-й (а), 1-й (а), 2-й групп на 20, 400, 100 г, а за весь период выращивания – на 124, 161, 170 г соответственно.

Для определения влияния принадлежности бычков к той или иной группе на среднесуточный прирост в различные жизненные периоды проведен однофакторный дисперсионный анализ. Сформулированная нулевая гипотеза дисперсионного анализа утверждает, что среднее значение среднесуточного прироста живой массы бычков не зависит от фактора принадлежности животных к той или иной группе. Дисперсионный анализ проведен отдельно для каждого периода измерений (6, 8, 12, 14, 16, 18 мес).

Стандартное значение критерия Фишера (F_k) для рассматриваемых однофакторных дисперсионных комплексов $F_k = 2,769$. Если полученные в результате анализа показатель достоверности силы влияния фактора (F_η) и p -value соответствуют условию

$$\left\{ \begin{array}{l} F_\eta > F_k \\ p\text{-value} < 0,05 \end{array} \right.,$$

то можно утверждать с уровнем значимости 0,05, что нулевая гипотеза должна быть отклонена.

Результаты дисперсионного анализа представлены в табл. 2.

Несмотря на отклонение нулевой гипотезы для всего дисперсионного комплекса, имеет смысл проверить существенность различий значений среднесуточного прироста живой массы в отдельных группах животных. В результате такого анализа установили, что в определенные периоды для некоторых групп животных не наблюдается существенной разницы в средних значениях среднесуточного прироста живой массы (см. табл. 3).

Табл. 2. Результаты однофакторного дисперсионного анализа

Table 2. Results of one-factor analysis of variance

Период, мес	Сила влияния фактора η^2	Показатель достоверности силы влияния фактора F_η	p -value	Принятие/отклонение нулевой гипотезы
0–6	$0,982 \pm 0,001$	1006,6	$1,16 \cdot 10^{-48}$	Отклонена
6–8	$0,922 \pm 0,004$	221,7	$4,87 \cdot 10^{-31}$	То же
8–12	$0,982 \pm 0,001$	998,5	$1,44 \cdot 10^{-48}$	»
12–14	$0,982 \pm 0,001$	993,9	$1,64 \cdot 10^{-48}$	»
14–16	$0,966 \pm 0,002$	534,2	$3,73 \cdot 10^{-41}$	»
16–18	$0,896 \pm 0,006$	161,1	$1,65 \cdot 10^{-27}$	»

Примечание. p -value – жизнеспособность нулевой гипотезы, которую оцениваем по имеющимся данным.

Табл. 3. Группы животных без существенной разницы в средних значениях среднесуточного прироста живой массы ($n = 15$)

Table 3. Groups of animals with no significant difference in the average values of the average daily live weight gain ($n = 15$)

Период, мес	Сравниваемые группы	Среднее значение среднесуточного прироста живой массы	
		Группа	Значение, г/сут
6–8	1-я и 1-я (а)	1-я	$867 \pm 1,82$
		1-я (а)	$850 \pm 2,37$
8–16	1-я (а) и 2-я	1-я (а)	$1314 \pm 20,21$
		2-я	$1263 \pm 18,06$
16–18	2-я и 2-я (а)	2-я	$1201 \pm 24,08$
		2-я (а)	$1263 \pm 17,06$
	1-я и 2-я (а)	1-я	$1299 \pm 16,13$
		2-я (а)	$1263 \pm 17,06$

Затраты кормов на 1 кг живой массы от рождения до 14 и 18 мес в отдельных группах представлены в табл. 4.

Лучшая оплата корма была у молодняка 1-й группы, находившегося на улучшенном кормлении. Использование кормов в «переводных» группах (1-я (а) и 2-я (а)) значительно колебалось. При выращивании бычков до 14-месячного возраста затраты кормов на 1 кг прироста оказались наименьшими у бычков 1-й группы (6,39 ЭКЕ). По оплате корма они превосходили сверстников 2-й (а), 1-й (а) и 2-й групп на 1,51; 1,88 и 1,59 ЭКЕ. При выращивании до 18-месячного возраста данная тенденция сохранилась, но различия между группами несколько снизились. Так, по оплате корма приростом живой массы животные 1-й группы превосходили аналоги 2-й (а), 1-й (а) и 2-й групп на 0,67; 0,74 и 0,98 ЭКЕ.

Первый убой бычков 1-й, 2-й, 2-й (а) групп (по 3 гол. из каждой группы) провели в возрасте 14 мес, перед выходом на пастбище. Данные по результатам убоя приведены в табл. 5.

Табл. 4. Оплата корма приростом живой массы бычков, ЭКЕ

Table 4. Payment for feed by the increase in live weight of bulls, EFU

Группа	Возраст, мес	
	до 14	до 18
1-я	6,39	8,02
1-я (а)	8,27	8,76
2-я	7,98	9,00
2-я (а)	7,90	8,69

По убойной массе животные 1-й группы и «переводной» (2-я (а)) значительно, на 114 и 94 кг ($p > 0,999$), превосходили бычков 2-й группы.

Особый интерес представляет изменение морфологического состава туш у животных в зависимости от характера роста. Данные по морфологическому составу туш 14-месячных бычков приведены в табл. 6.

По относительному содержанию костей в тушах бычков 1-й и «переводной» 2-й (а) групп разницы не наблюдалось. В тушах бычков 2-й группы костей было достоверно больше ($p > 0,99$), чем у животных, выращенных на повышенном уровне кормления.

Из приведенных данных видно, что перевод молодняка 8-месячного возраста с пониженного уровня кормления на повышенный обеспечил не только увеличение живой массы, но и способствовал росту мускулатуры, что привело к снижению относительной массы костяка в туше.

Изучение химического состава мяса показало, что содержание жира в мясе бычков 1-й группы в 1,4 раза ($p > 0,999$) больше, чем у молодняка 2-й группы, калорийность мяса на 12% ($p > 0,999$) выше (см. табл. 7).

Бычки «переводной» 2-й (а) группы по содержанию жира и калорийности мяса занимали промежуточное положение.

В возрасте 18 мес после нагула были убиты все оставшиеся бычки. От каждой группы для учета продуктов убоя и изучения морфологического состава туш взяты по три

Табл. 5. Мясные качества подопытных бычков в возрасте 14 мес ($n = 3$)

Table 5. Meat qualities of experimental bulls aged 14 months ($n = 3$)

Показатель	Группа					
	1-я		2-я (а)		2-я	
	кг	%	кг	%	кг	%
Живая масса перед убоем	344,0 ± 1,15	100	250,0 ± 5,77	100	230,0 ± 1,05	100
Масса туши	211,0 ± 0,58	61,3	141,3 ± 0,46	56,5	116,6 ± 0,12	50,7
Внутренний жир	5,60 ± 0,15	2,7	3,40 ± 0,15	2,4	2,5 ± 0,20	1,09
Туша и внутренний жир	216,60 ± 0,31	62,9	144,67 ± 0,19	57,9	119,10 ± 0,06	51,8
Сердце	3,35 ± 0,03	0,97	2,05 ± 0,02	0,82	2,05 ± 0,01	0,89
Легкие	7,05 ± 0,02	2,18	6,35 ± 0,03	2,54	6,15 ± 0,03	2,67
Печень	6,70 ± 0,10	1,95	5,10 ± 0,05	2,04	4,61 ± 0,01	2,00
Шкура	29,50 ± 0,29	8,58	25,00 ± 0,58	10,0	19,80 ± 0,15	8,61

Табл. 6. Морфологический состав туш 14-месячных бычков, % ($n = 3$)**Table 6.** Morphological composition of carcasses of 14-months-old bulls, % ($n = 3$)

Показатель	Группа		
	1-я	2-я (а)	2-я
Мякоть	74,2 ± 0,20	73,7 ± 0,15	70,3 ± 0,12
Кости	23,1 ± 0,24	23,3 ± 0,22	27,0 ± 0,58
Сухожилия и хрящи	2,7 ± 0,10	3,0 ± 0,06	2,7 ± 0,10

животных. Данные по результатам убоя приведены в табл. 8.

Установлено, что более высокий убойный выход туши и сала дали животные 1-й и 2-й (а) групп, более низкий – 1-й (а) и 2-й. Показатели относительной массы главных органов: сердца, печени и легких – у бычков всех групп оказались близкими друг к другу.

Для изучения морфологического состава туши из каждой группы произвели обвалку трех полутуш (см. табл. 9).

Наибольшее относительное количество костей содержали туши бычков 2-й группы, наименьшее – животные 1-й; животные «переводных» групп (2-я (а) и 1-я (а)) занимали промежуточное положение. По выходу мякоти, основную массу которой составляет мускулатура, на первом месте находились туши бычков 1-й группы, на последнем – туши бычков 2-й. Животные «переводных» групп заняли промежуточное положение. Наибольшее влияние уровень кормления оказал на абсолютную массу мякоти (мускулатура и жир) и значительно меньшее – на массу костей туш.

Если принять массу туши молодняка 1-й группы за 100%, то у бычков 2-й (а) группы

Табл. 7. Химический состав мяса бычков в 14-месячном возрасте ($n = 3$)**Table 7.** Chemical composition of meat of bulls at 14 months of age ($n = 3$)

Группа	Содержание, %				В 1 кг мяса, Ккал
	воды	белка	жира	зола	
1-я	74,65 ± 0,03	20,30 ± 0,26	4,10 ± 0,15	0,95 ± 0,08	1547 ± 27,82
2-я	76,50 ± 0,20	19,74 ± 0,22	2,69 ± 0,08	1,07 ± 0,01	1380 ± 20,72
2-я (а)	75,22 ± 0,15	20,48 ± 0,04	3,23 ± 0,02	1,07 ± 0,01	1491 ± 13,79

Табл. 8. Мясные качества бычков в 18-месячном возрасте ($n = 3$)**Table 8.** Meat qualities of bulls at 18 months of age ($n = 3$)

Показатель	Группа							
	1-я		2-я (а)		1-я (а)		2-я	
	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%
Живая масса перед убоем	463,0 ± 0,88	100	397,0 ± 3,61	100	387,0 ± 1,53	100	373,0 ± 1,75	100
Масса туши	298,6 ± 0,31	64,5	239,8 ± 0,26	60,4	225,6 ± 0,20	58,3	208,9 ± 0,22	56,0
Внутренний жир	5,80 ± 0,12	1,25	4,3 ± 0,12	1,08	4,4 ± 0,21	1,13	3,6 ± 0,06	0,96
Туша и сало	304,4 ± 0,27	65,7	244,1 ± 0,12	61,48	230,0 ± 1,15	59,4	212,5 ± 0,20	57,0
Сердце	3,91 ± 0,01	0,84	2,40 ± 0,20	0,60	2,32 ± 0,02	0,59	2,28 ± 0,02	0,61
Легкие	6,98 ± 0,02	1,50	6,09 ± 0,02	1,53	6,15 ± 0,03	1,58	5,85 ± 0,03	1,56
Печень	7,88 ± 0,05	1,70	6,85 ± 0,03	1,72	6,57 ± 0,06	1,69	6,00 ± 0,06	1,60
Шкура	34,00 ± 0,16	7,34	31,50 ± 0,26	7,93	25,00 ± 1,53	6,45	23,60 ± 0,10	6,32

Табл. 9. Морфологический состав туш в возрасте 18 мес, %**Table 9.** Morphological composition of carcasses at the age of 18 months, %

Показатель	Группа			
	1-я	2-я (а)	1-я (а)	2-я
Мякоть	77,20 ± 0,12	75,60 ± 0,19	75,23 ± 0,13	72,78 ± 0,21
Кости	20,46 ± 0,06	21,60 ± 0,12	22,55 ± 0,24	23,99 ± 0,07
Сухожилия и хрящи	2,34 ± 0,18	2,80 ± 0,50	2,22 ± 0,10	3,23 ± 0,20

масса туши равнялась 80,3%, 1-й (а) – 75,5 и 2-й – 70,0%. Соответственно масса мякоти у бычков 1-й (а), 2-й (а) и 2-й групп составила 80,2; 75,6 и 69,8% к массе мякоти животных 1-й группы. Значения массы костяка туш у животных 1-й, 2-й (а) и 1-й (а) групп оказались близкими, и только у молодняка 2-й группы масса костяка на 3,53 абс.% превысила показатели бычков 1-й.

По развитию мышечной и жировой ткани молодняк «переводных» групп занимает промежуточное место между 1-й и 2-й группами.

Приведенные данные показывают, что при переводе бычков со среднего уровня кормления на высокий получены приросты больше, чем у молодняка, находившегося до 14 мес на высоком уровне кормления. Однако к 18 мес отставание по живой массе еще не компенсировалось. В то же время у бычков, содержащихся до 8 мес на высоком уровне кормления, после перевода их на средний отмечены более низкие приросты на зимних рационах и на пастбище в сравнении с группой бычков, выращенных на среднем уровне кормления.

Различный характер роста бычков отмечен также при убое их с близкой живой массой и одной категорией упитанности, что в конечном счете привело к получению туш с разным соотношением тканей и химическим составом мяса. В мясе бычков, выращенных на высоком и среднем уровнях кормления, в 18-месячном возрасте содержалось относительно меньше воды и протеина и больше жира, чем в мясе бычков «переводных» групп. В мясе бычков высокого и среднего уровнях кормления отношение жира к протеину равнялось 2,4–2,2, а в мясе бычков «переводных» групп – 1,8–1,9, в результате калорийность мяса животных первых двух групп оказалась на 14% выше.

Таким образом, степень компенсации живой массы зависит от длительности и размеров задержки роста молодняка, а также от уровня кормления, на который переводят животных после низкого уровня кормления.

ВЫВОДЫ

1. Уровнем кормления можно усиливать или задерживать рост молодняка крупного рогатого скота, существенно влиять на соотношение тканей в туше, а также на количество и качество мясной продуктивности.

2. При высоком уровне кормления молодняка крупного рогатого скота отмечено резкое увеличение мясной продуктивности и улучшение качества мяса, при этом снижаются затраты кормов на производимую продукцию и повышается экономическая эффективность выращивания.

3. При недостаточном питании в наибольшей степени задерживается отложение жира в теле, понижается рост мышечной ткани и уменьшается масса скелета.

4. Степень недоразвития при выращивании крупного рогатого скота на разных уровнях кормления может быть неодинаковой, поэтому возможности частичной или полной компенсации и время, требуемое для этого, будут различными. Нежелательно и недопустимо сильное отставание живой массы молодняка в первый год жизни, когда животное должно быть подготовлено к убою в 16–18-месячном возрасте. Помимо того, что при этом снижается количество производимой продукции, резко уменьшается и ее качество. Как показал наш опыт, низкий уровень кормления молодняка в большей степени задерживает рост наиболее ценных тканей и частей туш.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Мещеров Р.К., Ходыков В.П., Аджибеков В.К., Тяпугин Е.Е., Дюльдина А.В. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации: реалии и перспективы // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 2–7.
2. Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А., Смакуев Д.Р., Шахтамиров И.Я., Делаев У.А. Формирование мясной продуктивности бычков абердин-ангусской породы при различной длительности производственного цикла // Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П.А. Костычева. 2018. № 4. (40). С. 60–65.

3. Чинаров А.В. Племенные ресурсы мясного скотоводства России // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 5. С. 2–5.
4. Сивкин Н.В., Стрекозов Н.И. Воспроизводство и продуктивность формируемых стад скота айрширской, симментальской и черно-пестрой пород // Зоотехния. 2021. № 12. С. 14–19. DOI: 10.25708/ZT.2021.75.25.005.
5. Шагалиев Ф.М. Мясная продуктивность и качественные показатели мяса бычков разных генотипов // Зоотехния. 2022. № 2. С. 34–38. DOI: 10.25708/zt.2022.94.37.009.
6. Kulintsev V., Shakhmurzov M., Shevkhezhev A., Pogodaev V., Smakuev D. Productivity of Simmentals Livestock of Austrian Breeding in Climatic Conditions of the Karachay-Cherkess Republic // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). 2019. Vol. 9. Is. 1. P. 4561–4564.
7. Ламанов А.А., Зубаирова Л.А., Чернышенко Ю.Н., Тагиров Х.Х. Биохимические и иммунологические показатели крови бычков в зависимости от технологии содержания // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 12–14. DOI: 10.33943/MMS.2020.56.32.003.
8. Буряков Н.П., Бурякова М.А., Загарин А.Ю., Алешин Д.Е. Эффективность применения витаминно-минеральной кормовой добавки в кормлении высокопродуктивного скота молочного направления продуктивности // Зоотехния. 2022. № 1. С. 7–12. DOI: 10.25708/zt.2021.76.61.002.
9. Фархутдинова А.Р., Сабитов М.Т. Влияние комплексной минерально-витаминной кормовой добавки для телят на переваримость питательных веществ // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 2. С. 40–46.
10. Косилов В.И., Мироненко С.И., Андриенко Д.А., Кубатбеков Т.С., Никонова Е.А. Использование генетических ресурсов крупного рогатого скота разного направления продуктивности для увеличения производства говядины на Южном Урале: монография: Оренбург: Издательский центр ОГАУ. 2016. 316 с.
11. Садыков М.М., Алиханов М.П., Симонов А.Г., Симонов Г.А. Использование казахской белоголовой породы для увеличения производства говядины в Дагестане // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 6. С. 32–35. DOI: 10.33943/MMS.2020.85.73.006.
12. Тузова С.А., Носаленко П.А. Интенсивный откорм голштинских бычков в условиях промышленной технологии // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 86. С. 182–187.
13. Мысик А.Т., Усманова Е.Н., Кузякина Л.И. Современные технологии в мясном скотоводстве при разведении абердин-ангусской породы // Зоотехния. 2020. № 8. С. 25–28.
14. Шахмурзов М.М., Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А., Цурикова Н.В. Влияние продолжительности производственного цикла и уровня и кормления на продуктивные качества бычков абердин-ангусской породы // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 1. С. 5–8.

REFERENCES

1. Dunin I.M., Tyapugin S.E., Meshcherov R.K., Khodykov V.P., Adzhibekov B.K., Tyapugin E.E., Dyul'dina A.V. Condition of meat cattle breeding in the Russian Federation: realities and prospects. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2020, no. 2, pp. 2–7. (In Russian).
2. Shevkhezhev A.F., Pogodaev V.A., Smakuev D.R., Shakhmurov I.Ya., Delaev U.A. Formation of meat productivity in bull-calves of Aberdeen-Angus breed at different duration of the production cycle. *Vestnik Ryazansko gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universitetaim. P.A. Kostycheva = Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*, 2018, no. 4 (40), pp. 60–65. (In Russian).
3. Chinarov A.V. Breeding resources of Russian meat cattle industry. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2020, no. 5, pp. 2–5. (In Russian).
4. Sivkin N.V., Strekozov N.I. Reproduction and productivity of the formed herds of cattle of Ayrshire, Simmental and Black-and-White breeds. *Zootekhniya = Zootechniya*, 2021, no. 12, pp. 14–19. (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2021.75.25.005.
5. Shagaliev F.M. Meat productivity and quality indicators of beef bulls of different genotypes. *Zootekhniya = Zootechniya*, 2022, no. 2, pp. 34–38. (In Russian). DOI: 10.25708/zt.2022.94.37.009.
6. Kulintsev V., Shakhmurzov M., Shevkhezhev A., Pogodaev V., Smakuev D. Produc-

- tivity of Simmentals Livestock of Austrian Breeding in Climatic Conditions of the Karachay-Cherkess Republic. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 2019, vol. 9, is. 1, pp. 4561–4564.
7. Lamanov A.A., Zubairova L.A., Chernyshenko Yu.N., Tagirov H.H. Blood biochemical and immunological indicators of bull-calves depending on the livestock management system. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2020, no. 2, pp. 12–14. (In Russian). DOI: 10.33943/MMS.2020.56.32.003.
 8. Buryakov N.P., Buryakova M.A., Zagarin A. Yu., Aleshin D.E. Efficiency of the application of vitamin-mineral forage additives in feeding high-productive dairy cattle. *Zootekhnika = Zootechnika*, 2022, no. 1, pp. 7–12. (In Russian). DOI: 10.25708/zt.2021.76.61.002.
 9. Farkhutdinova A.R., Sabitov M.T. Effect of a complex mineral and vitamin feed supplement for calves on nutrient digestibility. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2021, no. 2, pp. 40–46. (In Russian).
 10. Kosilov V.I., Mironenko S.I., Andrienko D.A., Kubatbekov T.S., Nikonova E.A. *The use of genetic resources of cattle of different productivity directions to increase beef production in the Southern Urals*. Orenburg, OGAU Publishing Center, 2016, 316 p. (In Russian).
 11. Sadykov M.M., Alikhanov M.P., Simonov A.G., Simonov G.A. Using the Kazakh white-headed breed to increase beef production in Dagestan. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2020, no. 6, pp. 32–35. (In Russian). DOI: 10.33943/MMS.2020.85.73.006.
 12. Tuzova S.A., Nosalenko P.A. Intensive Holstein bulls feeding under industrial technology. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2020, no. 86, pp. 182–187. (In Russian).
 13. Mysik A.T., Usmanova E.N., Kuzyakina L.I. Current technologies in beef breeding at growing Aberdeen-Angus cattle. *Zootekhnika = Zootechnika*, 2020, no. 8, pp. 25–28. (In Russian).
 14. Shakhmurzov M.M., Shevkhuzhev A.F., Pogodaev V.A., Tsurikova N.V. The effect of the duration of the production cycle and feeding level on productive performance of steers Aberdeen-Angus breed. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2019, no. 1, pp. 5–8. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шевхужев А.Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник

✉ **Погодаев В.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 546241, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Николаева, 49; e-mail: pogodaev_1954@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Anatoly F. Shevkhuzhev, Doctor of Science in Agriculture, Professor, Head Researcher

✉ **Vladimir A. Pogodaev**, Doctor of Science in Agriculture, Professor, Head Researcher; **address:** 49, Nikonova St., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 546241, Russia; e-mail: pogodaev_1954@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the 18.04.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 23.05.2022
Дата публикации / Published 26.09.2022

ПРОФИЛАКТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО И КОРМОВОГО СТРЕССА ПОРОСЯТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ЦЕОДО

✉ Синицын В.А., Брем А.К., Волков Д.В.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: sva0591@mail.ru

Представлены результаты изучения свойств кормовой добавки цеодо при технологическом и кормовом стрессе у поросят. Для профилактики стресс-факторов у поросят нами ранее разработана кормовая добавка цеодо на основе облученных CO^{60} древесных опилок и природного цеолита сахаптин. Для проведения опытов по определению эффективности кормовых добавок в рационе поросят сформировали четыре группы по восемь поросят-аналогов. Контрольная группа получала основной рацион, 1-я опытная к основному рациону – 7,5% цеодо, 2-я опытная – 2,5% цеолита сахаптин, 3-я опытная – 2,5% микосорба. Установлено, что применение кормовой добавки цеодо способствует приросту живой массы у поросят при кормлении их не проверенными на качество кормами в стрессовый период отъема и содержания. При изучении свойств цеодо и испытания различных схем с целью профилактики стрессов у поросят установлено, что кормовая смесь, состоящая из 92,5% дробленой кормовой смеси и 7,5% кормовой добавки цеодо, оказала положительное влияние на прирост живой массы поросят в течение 91 дня опыта. Прирост поросят в этой группе был выше на 18,4% по сравнению с контрольной. При сравнении с показателями 3-й опытной группы, получавшей микосорб, отмечено повышение среднесуточного прироста живой массы в группе с цеодо на 2,5%, с сахаптин – на 2,8%. Сделан вывод, что цеодо снижает синергическое действие стресс-факторов и обладает профилактическим свойством при стрессах. Результаты опытов по применению кормовой добавки цеодо дают основание для ее производственного испытания.

Ключевые слова: стресс, поросята, корма, кормовая добавка цеодо, микосорб, прирост

PREVENTION OF TECHNOLOGICAL AND FEED STRESS IN PIGS WITH ZEODO FEED ADDITIVE

✉ Sinitsyn V.A., Brem A.K., Volkov D.V.

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

Krasnoobsk, Novosibirsk district, Novosibirsk region

✉ e-mail: sva0591@mail.ru

The results of studying the properties of the feed additive zeodo under technological and feed stress in piglets are presented. To prevent stress factors in piglets, we previously developed a feed additive zeodo based on $CO-60$ irradiated sawdust and natural sakhaptin zeolite. To conduct experiments to determine the effectiveness of feed additives in the diet of piglets, four groups of eight peer piglets were formed. The control group received the basic diet, the 1st experimental group received 7.5% zeodo to the basic diet, the 2nd experimental group received 2.5% sakhaptin zeolite, the 3rd experimental group received 2.5% mycosorb. It has been established that the use of zeodo feed additive promotes live weight gain in piglets when feeding them with unproven feed during the stressful period of weaning and keeping. When studying the properties of zeodo and testing various schemes to prevent stress in piglets it was found that a feed mixture consisting of 92.5% crushed feed mix and 7.5% zeodo feed additive had a positive effect on the live weight gain of piglets within 91 days of the experiment. The growth of piglets in this group was 18.4% higher than in the control group. When comparing with the indicators of the 3rd experimental group receiving mycosorb, there was an increase in the average daily gain of live weight in the group with zeodo by 2.5%, with sakhaptin - by 2.8%. It is concluded that zeodo reduces the synergistic effect of stressors and has a preventive effect on stress. The results of experiments on the use of zeodo feed additive give grounds for its production testing.

Keywords: stress, piglets, feed, feed additive zeodo, mycosorb, gain

Для цитирования: Синицын В.А., Брем А.К., Волков Д.В. Профилактика технологического и кормового стресса поросят с использованием кормовой добавки цеодо // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 77–82. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-8>

For citation: Sinitsyn V.A., Brem A.K., Volkov D.V. Prevention of technological and feed stress in pigs with zeodo feed additive. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 77–82. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-8>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема качества кормов для сельскохозяйственных животных и птицы остается актуальной. Многие ученые высказывают мнение о том, что полностью свободных от микотоксинов кормов не существует [1–3]. Постоянное длительное воздействие нескольких стресс-факторов оказывает негативное влияние на организм животных: снижается иммунный статус, повышается восприимчивость к болезням, нарушаются рост и развитие, функции пищеварительной, иммунной, репродуктивной, нервной систем, почек¹ [4–8].

Для профилактики кормовых стрессов, вызванных недоброкачественными кормами и технологическими условиями ведения свиноводства, применяют различные способы санации организма животных с помощью природных и модифицированных цеолитов. Сохранить и поддержать здоровье животных на фоне почти постоянных стрессов можно при использовании различных методов санации организма, в том числе с помощью различных кормовых добавок, таких как природные и модифицированные цеолиты^{2–4} [9–12]. Литературные данные и результаты наших исследований по использованию уникальных свойств природных цеолитов послужили основанием для работы над усилением этих свойств [1].

В январе 2020 г. в Бангкоке состоялся международный форум, посвященный вопросам этиопатогенеза, профилактики, диагностики и лечения микотоксикозов. Ученые на первый план выдвинули базовую стратегию элиминации микотоксинов путем адсорбции, связывания их в желудочно-кишечном тракте животных специальными веществами-адсорбентами⁵ [13–15].

С учетом причин возникновения стрессов, характера их течения в организме и наследственной обусловленности ряда индивидуальных проявлений нами предусмотрено одно из трех направлений профилактики стрессов – применение биологически активных веществ-адаптогенов, которые смягчают течение стрессов и повышают устойчивость и адаптогенные свойства организма.

Цель исследования – изучить схемы профилактики стресс-факторов у поросят с использованием кормовой добавки (адсорбента) цеодо.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для профилактики стресс-факторов у поросят нами ранее разработана кормовая добавка цеодо на основе облученных ^{60}Co древесных опилок и природного цеолита сахаптин. Процесс обработки растительных волокон (опилок хвойных пород) проведен на установке ИЛУ-8 в Институте ядерной физики СО РАН (Новосибирск) по их технологии в дозе 20 Мрад [15].

¹Сибгатов В.А. Влияние кормовой добавки «гумитон» на продуктивные качества в критические периоды физиологического состояния свиноматок и молодняка свиней на откорме: автореф.... канд. с.-х. наук. Новосибирск, 2005. 18 с.

²Шадрин А.М., Синицын В.А., Кизько В.В., Артамонов А.В. Испытание кормовой добавки цеодо на цыплятах // Диагностика, профилактика и лечение болезней животных: сб. науч. тр. Новосибирск, 2008. С. 137–142.

³Ромашевская Е.И., Величковский Б.Т. Медико-биологические аспекты применения природных цеолитов в животноводстве и птицеводстве // Природные цеолиты в социальной сфере и охране окружающей среды. Новосибирск, 1990. С. 20–26.

⁴Битюцкий В.С. Влияние комплекса цеолитов и биологически активных веществ на показатели метаболизма и продуктивность цыплят-бройлеров: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Львов, 1990. 16 с.

⁵Брылина В.Е., Брылина М.А. Стратегия борьбы с микотоксикозами птицы // Материалы науч.-практ. конф. Новосибирск, 2021. С. 107–108.

После облучения опилок в них содержалось сырого протеина 0,35%, влаги – 60,56, сырого жира – 1,48, сырой клетчатки – 17,85, золы – 0,95 и БЭВ – 18,81%; обменная энергия составила 0,36 к. ед., питательность их повысилась на 33%. Исследование по ГОСТ Р 52397–2005 показало, что опилки не токсичны. По содержанию техногенных радионуклидов проба облученных опилок не превышала контрольный уровень. Состав растительных волокон дополнен цеолитом сахаптин.

Для проведения опытов по определению эффективности кормовых добавок в рационе поросят сформировали четыре группы по восемь поросят-аналогов средней живой массой 12,75–13,32 кг. Облученные древесные (сосновые) опилки смешивали в смесителях с природным цеолитом фракции 0,01–2,0 мм в определенных соотношениях. Опыты проводили согласно схеме:

Группа	Состав кормовой смеси
Контрольная	Основной рацион (ОР) 100%
Опытная:	
1-я	92,5% ОР + 7,5% цеодо
2-я	97,5% ОР + 2,5% цеолита сахаптин
3-я	97,5% ОР + 2,5% микосорба

При испытании кормовых добавок цеодо и сахаптина для сравнения взята коммерческая кормовая добавка микосорб. Подопытных животных кормили зерновой смесью (дробленкой), приготовленной в хозяйстве, не проверенной на качество и показатели безопасности. За период опыта (91 день) вели наблюдение за состоянием здоровья поросят.

Экспериментальные исследования проводили в условиях ОПХ «Боровское» (Новосибирская область). Для морфологических исследований использовали цельную кровь, стабилизированную гепарином, для биохимических – сыворотку крови. В крови определяли количество гемоглобина по Сали, количество эритроцитов и лейкоцитов в камере Горяева. Общий белок в сыворотке крови определяли рефрактометрическим методом, белковые фракции – нефелометрическим методом. Токсичность цеодо и его составляющих проводили на простейших и мышах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За период опыта 3 раза провели взвешивание каждой головы (см. табл. 1).

В первые 20 дней эксперимента (в период адаптации поросят к условиям кормления и содержания) наблюдали расстройство желудочно-кишечного тракта молодняка. В этот период провели исследование дробленки, в которой обнаружили микотоксины в пределах ПДК (афлатоксин, зеараленон, Т-2 токсин).

С 45-го дня опыта вместо дробленки стали использовать комбикорм СК-3, СК-4.

За этот период отмечено колебание среднесуточного прироста живой массы поросят между группами. Кормовые добавки оказали положительное влияние на среднесуточный прирост живой массы. Так, за весь период опыта показатели прироста в 1-й опытной группе (с цеодо) были выше на 18,4% (411,53 г), во 2-й опытной (с сахаптин) – на 20,55% (418,9 г), 3-й опытной (с микосорбом) – на 16,09% (403,4 г) по сравнению с контрольной группой (347,47 г). Отмечено повышение среднесуточного прироста живой массы в группе с кормовой добавкой цеодо на 2,5%, с цеолитом сахаптин на 2,8% по сравнению с показателями 3-й опытной группы.

При расчете экономической эффективности следует отметить, что при незначительной разнице в приросте между 1-й и 2-й опытными группами (на 2,5–2,8%) доход был больше в 1-й группе (с цеодо) в 6,4 раза (26,28 р.) по сравнению с 3-й опытной, получавшей микосорб (4,09 р.), во 2-й группе (с цеолитом сахаптин) – в 14,76 раза (60,4 р.).

Добавление в кормосмесь 7,5% цеодо (5% облученных СО⁶⁰ древесных (сосновых) опилок и 2,5% цеолита сахаптин) приводили к экономии корма (см. табл. 3).

Табл. 1. Содержание микотоксинов и предельно допустимые уровни их в корме

Table 1. The content of mycotoxins and their maximum permissible levels in feed

Микотоксин, мг/кг	Содержание микотоксина в дробленке	ПДК
Охратоксин А	0,005	0,01
Т-2 токсин	0,065	0,1
ДОН	0,500	1,0

Общий белок во всех группах находился в пределах возрастной нормы. Снижение альбуминов в сочетании с уровнем β и γ -глобулинов свидетельствует о функциональных нарушениях со стороны печени.

За опытный период от 50 до 90 дней у поросят всех групп при кормлении доброкачественным кормом не отмечено каких-либо изменений клинического состояния.

Общий белок находился в пределах физиологической нормы. Белковые фракции сни-

жены, альбумины по сравнению с нормой наиболее выражены в группах с цеолитом, сахаптином и микосорбом. Отмечено повышение γ -глобулина в 1-й опытной группе с цеодо. В 1979, 1980 гг. в СССР проводили подобные опыты с использованием радиолизированного кормового препарата (РАДУПР) [16]. Результаты исследований, дозы облучения учитывали при испытании кормовой добавки цеодо на поросятах в нашем исследовании.

Табл. 2. Показатели прироста живой массы поросят и эффективность кормовых добавок в течение 91 дня при 100%-й сохранности ($n = 8$)

Table 2. Live weight gain indicators of piglets and the effectiveness of feed additives for 91 days at 100% livability ($n = 8$)

Показатель	Группа			
	контрольная	опытная		
		1-я	2-я	3-я
Масса поросят, кг:				
начало опыта	102	106	102	106,6
конец опыта	354,96	405,60	406,98	403,36
Прирост живой массы за опыт, кг	252,96	299,60	304,96	293,68
Среднесуточный прирост живой массы, г	347,47	411,53	418,9	403,4
% к контролю	100,00	118,40	120,55	116,09
Получено дополнительно прироста, г	—	46,64	52,00	40,72
Стоимость дополнительного прироста, р.	—	3264,8	3640,0	2850,4
Валовый расход кормов без кормовых добавок, р.	600	555	585	585
Стоимость валовых расходов кормов, р.	1800	1665	1755	1755
Экономия корма, кг	—	135	15	15
Стоимость сэкономленного корма, р.	—	405	45	45
Расход кормовых добавок, кг	—	45	15	15
Стоимость кормовых добавок, р.	—	135,0	60,0	568,4
Чистый доход за счет сэкономленного корма	—	+270	—15	—523,4
Общий чистый доход, р.	—	3534,8	3625	2327
Общий чистый доход на 1 р. затрат на кормовую добавку	—	26,18	60,4	4,09

Табл. 3. Морфобioхимические показатели крови поросят на 20-й день эксперимента

Table 4. Morpho-biochemical blood parameters of piglets on the 20th day of the experiment

Показатель	Группа			
	контрольная	опытная		
		1-я	2-я	3-я
Гемоглобин, г/л	91,1 ± 0,12	115,4 ± 0,25*	95,3 ± 0,13*	102,0 ± 0,34*
Эритроциты, 10 ¹² /л	5,12 ± 0,23	6,81 ± 0,22*	5,34 ± 0,48**	6,47 ± 0,34**
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	15,32 ± 0,63	12,32 ± 1,43	12,2 ± 1,32**	12,10 ± 1,54**
Общий белок, г/л	54,2 ± 0,10	64,3 ± 0,02	51,0 ± 0,12**	53,7 ± 1,88
Альбумины, %	44,12 ± 10,56	25,58 ± 6,22*	26,57 ± 11,10*	49,12 ± 10,32*
Глобулины, %:				
α	15,65 ± 6,15	30,21 ± 6,52*	28,16 ± 8,22**	31,18 ± 6,43**
β	22,54 ± 3,5	23,15 ± 3,34*	11,57 ± 2,44	23,11 ± 3,09**
γ	17,11 ± 4,43	23,18 ± 3,03*	10,13 ± 3,77**	23,16 ± 3,02**

* $p \leq 0,05$ относительно контрольной группы.

** $p \leq 0,05$ относительно 1-й опытной группы.

Табл. 4. Влияние цеодо, цеолита сахаттин и микособа на показатели крови поросят-отъемышей в возрасте 90 дней

Table 4. Influence of zeodo, zeolite sahaptin and mycosob on the blood parameters of weaned piglets at the age of 90 days

Показатель	Группа			
	контрольная (комбикорм СК-3)	опытная		
		1-я (цеодо)	2-я (сахаттин)	3-я (микосорб)
Гемоглобин, г/л	110,4 ± 1,49	112,6 ± 1,72	113,5 ± 0,13	102,0 ± 0,34
Эритроциты, 10 ¹² /л	3,35 ± 1,02	5,06 ± 1,22*	3,01 ± 0,49**	3,54 ± 0,64**
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	8,45 ± 0,91	9,52 ± 1,03*	6,52 ± 1,35*	6,18 ± 1,54*
Общий белок, г/л	56,8 ± 0,13	61,0 ± 0,52*	53,1 ± 1,12**	53,7 ± 0,88**
Альбумины, %	31,5 ± 9,56	38,58 ± 6,22*	18,57 ± 7,10**	16,94 ± 8,32**
Глобулины, %:				
α	21,85 ± 4,15	28,36 ± 4,51*	27,61 ± 6,25**	26,51 ± 5,45**
β	8,86 ± 3,55	8,96 ± 3,34*	5,55 ± 3,45**	5,91 ± 2,95
γ	44,28 ± 3,43	55,81 ± 3,03*	44,43 ± 5,77	40,24 ± 2,02**

* $p \leq 0,05$ относительно контрольной группы.

** $p \leq 0,05$ относительно 1-й опытной группы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При экспериментальном изучении свойств кормовой добавки цеодо и использования ее в рационе на несбалансированных, не проведенных на качество кормах установлено, что она оказала профилактирующее действие на организм поросят в стрессовый период отъема и способствовала лучшему усвоению корма. В результате повысился среднесуточный прирост живой массы молодняка. Результаты научно-производственного испытания кормовой добавки цеодо свидетельствуют о ее безвредности и эффективности.

Результаты опытов по испытанию кормовой добавки адсорбента цеодо дают основание для производственных испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синицын В.А., Авдеенко В.А., Бакшаева О.А. Профилактика экспериментального субклинического микотоксикоза Т-2 кормовым концентратом цеоско // Инновации и продовольственная безопасность. 2017. № 3. С. 50–56.
2. Удинцев С.Н., Белоусов Н.М., Бурмистрова Т.И., Сорокин И.Б., Касимова Л.В., Кравец А.В., Проскурина Л.Д., Жиликова Т.П., Кравецкий П.А. Применение гуминовых веществ из торфа в растениеводстве и животноводстве для профилактики и повышения эффективности лечения микотоксикозов // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 3. С. 136–145.
3. Чулков А.К., Трemasов М.Я., Иванов А.В. Профилактика микотоксикозов животных // Ветеринария. 2007. № 12. С. 8–12.
4. Антипов В.А., Васильев В.Ф., Кутинцева Т.Г. Микотоксикозы – важная проблема животноводства // Ветеринария. 2007. № 11. С. 7–9.
5. Bennett J.W., Klich M. Mycotoxins // Clinical Microbiology Reviews. 2003. Vol. 16. P. 497–516.
6. Korosteleva S.N., Smith T.K., Boermans H.J. Effects of Feedborne Fusarium Micotoxins on the Performanse, Metabolism, and Immunity of Dairy Cows // Journal of Dairy Science. 2007. Vol. 90. P. 3867–3873.
7. Korosteleva S.N., Smithboermans T.K. Effects of Feedborne Fusarium Micotoxins on the Performanse, Metabolism, and Immunity of Dairy Cows // Journal of Dairy Science. 2009. Vol. 92. P. 1585–1593.
8. Парамонова Т. Безопасность, эффективность, здоровье // Животноводство России. 2011. № 5. С. 7–8.
9. Шадрин А.М., Синицын В.А., Миловидов Д.Д., Белоусов Н.М. Природная кормовая добавка цеогумит для профилактики незаразных болезней поросят // Свиноводство. 2006. № 4. С. 21–22.
10. Dawkins T.C., Wallace I.A. Natural mineral for the feed industry // Feed Compounder. 1990. Vol. 10. P. 56–59.
11. Воронков М.Г., Кузнецов И.Г. Кремний в живой природе: монография. Новосибирск: Наука, 1984. 155 с.
12. Макасов В.Я. О роли кремния в кормопроизводстве и животноводстве // Сельское хозяйство за рубежом. 1975. № 9. С. 43–44.

13. Костенко С., Комлацкий Г., Буряк В. Адсорбенты – важный фактор в борьбе с микотоксикозом в свиноводстве // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2011. № 1. С. 39–44.
14. Востроилова Г.А., Хохлова Н.А., Лободина Т.Е., Фоменко О.Ю., Алехин Ю.Н., Михайлов Е.В. Биохимический и иммунный статус поросят при отъемном стрессе и его фармакокоррекция аминоселетоном // Ветеринарная патология. 2015. № 1. С. 69–73.
15. Воронинская Н. Российские ускорители идут на экспорт // Председатель. 2017. № 3 (65). С. 29–30.
16. Петрухин И.В. Корма и кормовые добавки: монография. М.: Росагропромиздат, 1989. 526 с.

REFERENCES

1. Sinitsyn V.A., Avdeenko V.A., Bakshaeva O.A. Prevention of experimental subclinical mycotoxicosis T-2 with zeosco feed concentrate. *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost' = Innovations and food safety*, 2017, no. 3, pp. 50–56. (In Russian).
2. Udintsev S.N., Belousov N.M., Burmistrova T.I., Sorokin I.B., Kasimova L.V., Kravets A.V., Proskurina L.D., Zhilyakova T.P., Kravetskii P.A. The use of humic substances from peat in plant growing and animal husbandry for the prevention and improvement of the effectiveness of the treatment of mycotoxicoses. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*. 2012, no. 3, pp. 136–145. (In Russian).
3. Chulkov A.K., Tremasov M.Ya., Ivanov A.V. Prevention of animal mycotoxicosis. *Veterinariya = Veterinary*, 2007, no. 12, pp. 8–12. (In Russian).
4. Antipov V.A., Vasiliev V.F., Kutintseva T.G. Mycotoxicosis is an important problem in animal husbandry. *Veterinariya = Veterinary*, 2007, no. 11, pp. 7–9. (In Russian).
5. Bennett J.W., Klich M. Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, 2003, vol. 16, pp. 497–516.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Синицын В.А.**, доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; а/я 463; e-mail: sva0591@mail.ru

Брем А.К., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

Волков Д.В., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

6. Korosteleva S.N., Korosteleva S.N., Smith T.K., Boermans H.J. Effects of Feedborne Fusarium Micotoxins on the Performanse, Metabolism, and Immunity of Dairy Cows. *Journal of Dairy Scienc*, 2007, vol. 90, pp. 3867–3873.
7. Korosteleva S.N., Smithboermans T.K. Effects of Feedborne Fusarium Micotoxins on the Performanse, Metabolism, and Immunity of Dairy Cows. *Journal of Dairy Scienc*, 2009, vol. 92, pp. 1585–1593.
8. Paramonova T. Safety, efficiency, health. *Zhivotnovodstvo Rossii = Animal Husbandry of Russia*, 2011, no. 5, pp. 7–8. (In Russian).
9. Shadrin A.M., Sinitsyn V.A., Milovidov D.D., Belousov N.M. Natural feed additive zeogumite for the prevention of non-contagious diseases of piglets. *Svinovodstvo = Pigbreeding*, 2006, no. 4, pp. 21–22. (In Russian).
10. Dawkins T.C., Wallace I.A. Natural mineral for the feed industry. *Feed Compounder*, 1990, vol. 10, pp. 56–59.
11. Voronkov M.G., Kuznetsov I.G. *Silicon in nature*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1984, 155 p. (In Russian).
12. Maksakov V.Ya. On the role of silicon in fodder production and animal husbandry. *Sel'skoe khozyaistvo za rubezhom = Agriculture Abroad*, 1975, no. 9, pp. 43–44. (In Russian).
13. Kostenko S., Komlatsky G., Buryak V. Adsorbents - an important factor in the fight against mycotoxicosis in pig breeding. *Veterinariya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh = Veterinary of Agricultural Animals*, 2011, no. 1, pp. 39–44. (In Russian).
14. Vostroilova G.A., Khokhlova N.A., Lobodina T.E. Biochemical and immune status of piglets under weaning stress and its pharmacocorrection with aminoselotone. *Veterinarnaya patologiya = Veterinary Pathology*, 2015, no. 1, pp. 69–73.
15. Voroninskaya N. Russian accelerators are exported. *Predsedatel' = Chairman*, 2017, no. 3 (65), pp. 29–30. (In Russian).
16. Petrukhin I.V. *Feed and feed additives*. Moscow, Rosagropromizdat Publ., 1989, 526 p.

AUTHOR INFORMATION

✉ **Vasily A. Sinitsyn**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: sva0591@mail.ru

Andrey K. Brem, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher

Dmitry V. Volkov, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 28.03.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 31.05.2022
Дата публикации / Published 26.09.2022

ПЛЕМЕННАЯ ЦЕННОСТЬ КОРОВ – МЕТОДЫ УЧЕТА И ОЦЕНКИ

Гукеев В.М.¹, ✉ Хуранов А.М.²

¹*Институт сельского хозяйства – филиал Федерального научного центра
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»*

Нальчик, Россия

²*Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова*

Нальчик, Россия

✉ e-mail: huranovalan85@mail.ru

Проведено изучение показателя удоя коров как признака племенной ценности. Отмечено, что общепринятая методика оценки фактической племенной ценности коров по показателям продуктивности за первые 305 дней не отражает истинную племенную ценность животных, не показывает потенциал, не дает информацию о воспроизводительных качествах коров. Исследованы данные оценки 10 быков-производителей за 2020, 2021 гг. в племеннорепродукторном хозяйстве красной степной породы Кабардино-Балкарской Республики. Средний удой по стаду составляет 6600 кг. Оценка проведена по 545 дочерям по удою за первые 305 дней и за всю лактацию с учетом продолжительности лактации, а также вариативности показателей. Сравнение результатов оценки определено путем ранжирования по продолжительности лактации, удою за первые 305 дней и всю лактацию. Из 10 групп дочерей быков ранги сохранились только по дочерям двух быков (Торпан 2739 и Иман 314), занявших первое и десятое места. Из 8 остальных быков ранг по удою за всю лактацию у дочерей 5 быков-производителей (Грильяж 6977, Кнор 45026 и Кулон 1237) повысился на один, у дочерей быка Арзамас 6815 – на два, быка Гир 1883 – на четыре порядка. Ранги оценки по дочерям быков Топаз 1239 снизились на один, быков Твист 76849 и Тибул 3728 – на четыре порядка. При средней продолжительности сервис-периода по всей выборке 144,3 дня она варьировала от 126,3 (дочери быка Топаз 1239) до 171,4 дня (дочери быка Кнор 45026), разница составила 45,1, или два полноценных половых цикла. Это свидетельствует о влиянии генотипа на продуктивность животных в одинаковых условиях кормления и содержания. Удой за всю лактацию всех 10 оцениваемых особей достоверно ($p \geq 0,95$) превышает их показатели за первые 305 дней и значительно меняет ранг оценки, что необходимо учитывать при выборе быков.

Ключевые слова: бонитировка, племенная ценность, изменчивость продуктивности, быки-производители, оценка животных

BREEDING VALUE OF COWS – METHODS OF RECORDING AND EVALUATION

Gukezhev V.M.¹, ✉ Khuranov A.M.²

¹*Institute of Agriculture - branch of the "Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"*

Nalchik, Russia

²*Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*

Nalchik, Russia

✉ e-mail: huranovalan85@mail.ru

The study of cow milk yield as a sign of breeding value of cows was carried out. It is noted that the generally accepted method of evaluating the actual breeding value of cows by productivity indices for the first 305 days does not reflect the true breeding value of animals, does not show the potential, does not give information about the reproductive qualities of animals. The evaluation data of 10 stud bulls for 2020, 2021 in the breeding farm of the red steppe breed of the Kabardino-Balkarian Republic were studied. The average milk yield in the herd is 6,600 kg. The evaluation was performed on 545 daughters in terms of milk yield for the first 305 days and for the whole lactation, taking into account the duration of lactation as well as the variability of indicators. Comparison of evaluation results is determined by ranking the duration of lactation, milk yield for the first 305 days

and the whole lactation. Of the 10 groups of bull daughters, the ranks were retained only on the daughters of two bulls (Torpan 2739 and Iman 314) who took first and tenth places. Of the 8 remaining bulls, the daughters of 5 stud bulls (Grillage 6977, Knor 45026 and Kulon 1237) increased their milk yield rank for the whole lactation by one, daughters of the Arzamas 6815 bull increased by two, daughters of the Gir 1883 bull increased by four exponent parts. The rankings for the daughters of the bulls Topaz 1239 decreased by one, the bulls Twist 76849 and Tibulus 3728 decreased by four exponent parts. With an average service period of 144.3 days in the entire sample, it ranged from 126.3 (daughters of the bull Topaz 1239) to 171.4 days (daughters of the bull Knor 45026), with a difference of 45.1, or two full ovary cycles. This indicates the influence of genotype on the productivity of animals under the same feeding and housing conditions. The full-lactation yield of all 10 evaluated individuals significantly ($p \geq 0.95$) exceeds their performance in the first 305 days and significantly changes the evaluation rank, which should be taken into account when selecting bulls.

Keywords: valuation, breeding value, variability of productivity, stud bulls, evaluation of animals

Для цитирования: Гукеев В.М., Хуранов А.М. Племенная ценность коров – методы учета и оценки // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 83–89. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-9>

For citation: Gukezhev V.M., Khuranov A.M. Breeding value of cows – methods of recording and evaluation. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 83–89. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В современных рыночных условиях развитие животноводства имеет не только важное социально-экономическое значение, но и является стабилизатором финансового состояния всего агропромышленного комплекса. В частности, молочное скотоводство в настоящее время остается одной из ведущих подотраслей животноводства и его развитие имеет большое значение не только в обеспечении продовольственной независимости страны, но и в социальном аспекте [1].

Многие авторы отмечают, что увеличение продуктивного долголетия коров является одним из основных факторов, способствующих повышению показателей эффективного ведения племенной работы¹ [2]. А.Я. Самуйленко с соавт. [3] отмечают, что «в настоящее время наличие основных ресурсов сельскохозяйственной продукции и сырья, насыщенность продовольственного рынка России таковы, что в основном физическая

доступность продовольствия обеспечена, по крайней мере, на минимальном уровне потребления».

Для повышения конкурентоспособности отечественного животноводства и формирования современного рынка высокоценного племенного генетического материала необходимо создание устойчивой структуры, организующей и координирующей деятельность по повышению эффективности производства животноводческой продукции за счет увеличения темпов генетического потенциала животных в общей системе репродукции генетических ресурсов². Анализ молочной продуктивности, изучение признаков экстерьера и измерение экстерьера крупного рогатого скота необходимы для повышения генетического потенциала продуктивных качеств животных и создания высокопродуктивных стад [4].

Молочное скотоводство России – перспективная отрасль животноводства. Производством молока в нашей стране занимаются

¹Арзуманян Е.А., Лазаренко В.Н., Тимофеева С.С. Проблемы долголетнего использования коров. Селекция молочного скота и промышленные технологии. Сб. науч. тр. ВАСХНИЛ. М.: Агропромиздат, 1990. С. 222–226

²Ескин Г.В. Основные направления развития Головного центра по воспроизводству сельскохозяйственных животных на 2009–2012 гг. и на период до 2015 г. «Сервисные центры по воспроизводству сельскохозяйственных животных – основа эффективного развития животноводства. Опыт создания и работы сервисных центров по воспроизводству сельскохозяйственных животных в рамках реализации Государственной программы развития сельского хозяйства». 22–24 сентября 2009 г. Дубровицы. 2009. С. 22–31.

свыше 90% сельскохозяйственных предприятий. При этом отечественное молочное скотоводство должно быть прежде всего рентабельным, конкурентоспособным и высокопродуктивным [5].

Улучшение труда и совершенствование технологии за счет применения современного оборудования создают предпосылки для увеличения продуктивности животных [6]. В настоящее время происходит снижение продуктивного долголетия коров во всех субъектах Российской Федерации [7]. Экономическая эффективность молочного скотоводства определяется величиной удоя. Из всех молочных пород коров мира по этому показателю наиболее эффективна голштинская порода, поэтому интерес к этой породе очевиден [8].

В.В. Ногаева, Л.Х. Албегова [9] отмечают, что «основными факторами, оказывающими влияние на формирование высокой молочной продуктивности животных, являются их генетический потенциал и условия кормления, содержания и ухода. В связи с этим вопрос зависимости продуктивных показателей крупного рогатого скота от наследственности является актуальным».

Вместе с тем, А.В. Бакай с соавт. [10] отмечают, что «основная трудность, с которой сталкиваются селекционеры в практической работе, заключается в том, что потомство высокопродуктивных животных при подборающих условиях не повторяет высокой продуктивности своих предков, а по своему качеству приближается к средней величине, характерной в конкретных условиях для стада и породы».

О.К. Гогаев с соавт. [11], изучив влияние возраста матерей и живой массы телят при рождении на показатели молочной продуктивности и воспроизводительной способности коров, отмечают, что «показатели воспроизводительной способности коров такие, как сервис-период, межотельный период, коэффициент воспроизводительной способности и выход телят на 100 коров, прежде всего зависят от уровня удоя первотелок или возраста первого отела, чем от живой массы при рождении». А.В. Пеллинен с соавт. [12] отмечают, что «вероятной возможностью повышения молочной продуктивности

у коров является увеличение их племенной ценности, на которое наряду с генотипом животных большое влияние оказывают и паратипические факторы: возраст первого отела и удой от первотелок».

Сохранность коров – одна из основных составляющих высокой рентабельности молочного животноводства. Нормальным считается объем выбраковки около 25% поголовья в год, что обеспечивает регулярное обновление стада за счет ремонтного молодняка. В некоторых хозяйствах ежегодно выводят из стада до 40% коров [13].

Для совершенствования красной степной породы в хозяйстве продолжительное время используется сперма быков-производителей красно-пестрой голштинской породы. По результатам исследований, продолжительность лактации первотелок достоверно превышает дочерей чистопородных быков красной степной породы и соответственно – удой за первые 305 дней лактации.

Учет продолжительности лактации и продуктивности за всю лактацию позволяет оценить воспроизводительные качества дочерей используемых быков, что является главным показателем. Отсутствие информации по величине удоя за всю лактацию как матери быка, так и его дочерей, скрывает воспроизводительные качества используемых быков, так как чем продолжительнее лактация дочерей, тем выше удой за первые 305 дней лактации, соответственно выше племенная ценность. Однако такая оценка резко снижает выход телят, что не менее важно для селекционной работы.

Цель исследований – определить корректность установления племенной ценности коров только по показателям продуктивности за первые 305 дней лактации без учета воспроизводительных качеств.

Задачи исследований – изучить, в какой степени стандартные показатели продуктивности отражают потенциал животных и точность оценки генотипа, а также необходимость повышения требований по учету воспроизводительных качеств.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве материала для исследования послужили данные по результатам оценки

10 быков-производителей разного генотипа по продуктивности дочерей на базе племенно-продукторного хозяйства красной степной породы СХПК «Ленинцы» Майского района Кабардино-Балкарской Республики. Средний удой по стаду составляет 6600 кг. Оценка проведена по 545 дочерям по удою за первые 305 дней первой лактации и за всю первую лактацию с учетом продолжительности лактации, а также вариабельности показателей. Сравнение результатов оценки определено путем ранжирования по продолжительности лактации, удою за первые 305 дней и всю лактацию. Полученный статистический материал обработан с использованием пакета программы Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Бонитировка молочного скота – основная информационная база индивидуальной оценки животных стада, на основании которой ежегодно устанавливается бонитировочный класс каждой особи, достигшей соответствующего возраста (молодняк), и коров, завершивших очередную лактацию. Эта информация включает возраст, живую массу, промеры телосложения, величину удоя, содержание жира и белка за первые 305 дней или укороченную законченную лактацию (с указанием продолжительности в днях, но не короче 240 дней). Если оценка коров с продолжительностью лактации до 305 дней не вызывает сомнений, то в отношении коров, лактация которых продолжается дольше, подобная оценка не совсем корректна. Это связано с тем, что чем длиннее лактация, тем удой за первые 305 дней выше, а содержание жира и белка в молоке, как правило, ниже. Возникают вопросы о достоверности выявления племенной ценности коров за часть лактационной деятельности, а также о включении коров класса элита-рекорд в группу зоотехнического брака из-за относительно низкого уровня продуктивности в высокопродуктивных стадах.

Главным показателем для определения бонитировочного класса коров остается величина удоя. Однако ряд важных и действительно ценных признаков, которые определяют экономическую эффективность отрасли и рентабельность молочного ското-

водства, включены в бонитировку, но оцениваются минимально.

Ежегодная бонитировка стада, необходимая основа совершенствования племенных и продуктивных качеств животных, в принципе теряет свою значимость, особенно в условиях высокопродуктивных стад, когда средние показатели по стаду превышают стандартные требования в 1,5–2,0 раза и более.

На современном этапе одними из основополагающих элементов отбора, наряду с молочной продуктивностью, стали воспроизводительная способность (плодовитость) и продолжительность продуктивного использования (жизнеспособность) коров. Инструкция по бонитировке (2010 г.) включает эти показатели, оценивая их долю максимум по 5 баллов из 100, которые животное может получить соответственно при продолжительности сервис-периода не более 90 дней и в возрасте шести отелов и старше. Коров с такими показателями в высокопродуктивных стадах относительно мало. Оценка по удою, в частности по красной степной породе, ограничивается максимальными 60 баллами: по первотелкам при удое за первые 305 дней лактации 5030 кг, по второй лактации – 5869 кг и трех отелов и старше – 6372 кг. Превышение этих показателей не повышает классность. Поэтому возможно присвоение высокопродуктивным коровам как быкам-производителям соответствующих категории А и Б, что способствовало бы отбору коров-матерей быков.

Оценка по продуктивности за первые 305 дней лактации не отражает реальную племенную ценность высокопродуктивных коров и в определенной степени скрывает издержки воспроизводства. Отмечено, чем длиннее лактация, тем ниже содержание жира и белка в молоке за первые 305 дней лактации, что также уменьшает ценность животных.

По результатам учета продуктивности коров-дочерей за первые 305 дней и за всю лактацию проведено их ранжирование по соответствующим показателям. Наряду с удоем учитывали, как меняется величина изменчивости удоя за эти периоды. Результаты исследований представлены в таблице.

Данные таблицы свидетельствуют о том, что ранги оценки быков-производителей по продуктивности дочерей за первые 305 дней лактации и за всю лактацию существенно меняются. Из 10 групп дочерей быков ранги сохранились только по дочерям быков Торпан 2739 и Иман 314, занявших первое и десятое места соответственно. Из 8 остальных быков ранг по удою за всю лактацию у дочерей 5 быков-производителей (Грильяж 6977, Кнор 45026 и Кулон 1237) повысился на один, у дочерей быка Арзамас 6815 – на два, быка Гир 1883 – на четыре порядка. Ранги оценки по дочерям быков Топаз 1239 снизились на один, быков Твист 76849 и Тибул 3728 – на четыре порядка.

Средняя разница в удое за всю лактацию и за первые 305 дней составила 645,3 кг и колебалась от 398,4 кг (дочери быка Твист 76849) до 824,2 кг (дочери быка Грильяж 6977). Такая разница в удое позволяет повысить классность коров на два порядка.

Отмечена существенная разница в вариабельности основного признака оценки и отбора – величины удоя. Так, если величина среднего квадратического отклонения удоя за первые 305 дней лактации составила 882,8 кг, то за всю лактацию – 1678,7 кг, что в 1,9 раза больше, а изменчивость признака – один из показателей эффективности отбора.

При одинаковом среднем минимальном удое дочерей лимит всех быков 2671,6 кг, максимальный за первые 305 дней составил 6918,4 кг, а за всю лактацию – 10 795,7 кг, разница была 3877,3 кг.

Основным показателем состояния воспроизводства стада является продолжительность сервис-периода. По результатам наших исследований максимальная продолжительность сервис-периода отмечена после первого отела. С возрастом животных незначительно, но фактически линейно, продолжительность сервис-периода сокращается.

Средняя продолжительность сервис-периода по дочерям-первотелкам составила 144,3 дня и варьировала от 126,3 (дочери быка Топаз 1239) до 171,4 дня (дочери быка Кнор 45026).

Влияние оценки за первые 305 дней и всю лактацию на племенную ценность дочерей быков-производителей
Influence of the evaluation for the first 305 days and the entire lactation on the breeding value of the stud bulls' daughters

№ п/п	Кличка	Число дочерей	Продолжи- тельность лактации		Сервис- период		Величина удоя				Разница по удою, кг	Среднее квадратичное отклонение (σ)				Лимит колебания		
			Дни	Ранг	Дни	Ранг	за 305 дней, кг	Ранг	за всю лак- тацию, кг	Ранг						миним- мальный	максимальный за 305 дней	за всю лактацию
1	Арзамас 6815	41	345,3	5	128,8	2	4594,9	9	5223,9	7	629,0	997,4	1	1891,3	3	2479	6750	11 566
2	Гир 1883	65	368,8	8	143,9	6	4633,2	8	5441,6	4	808,4	859,6	6	1926,5	2	2672	7136	11 744
3	Грильяж 6977	51	372,1	9	153,3	8	4925,0	3	5749,2	2	824,2	834,8	8	1622,1	8	2813	6937	10 713
4	Иман 314	59	352,9	6	138,4	4	4361,7	10	4991,9	10	630,2	927,4	5	1743,9	5	2357	7059	9968
5	Кнор 45026	82	372,2	10	171,4	10	4861,4	4	5650,9	3	789,5	847,7	7	1641,3	7	2013	6763	11 137
6	Кулон 1237	21	359,8	7	149,8	7	4641,8	6	5375,4	5	733,6	972,1	3	1839,6	4	3140	6527	10 542
7	Твист 76849	21	342,6	4	162,2	9	4936,8	2	5335,2	6	398,4	797,8	9	2151,8	1	3461	6555	11 429
8	Тибул 3728	74	332,3	2	138,5	5	4759,6	5	5165,3	9	405,7	720,1	10	1206,1	10	3024	6793	9296
9	Топаз 1239	28	327,9	1	126,3	1	4635,6	7	5183,5	8	548,3	947,4	4	1575,2	9	2603	6219	10 008
10	Торпан 2739	103	339,3	3	132,6	3	5167,2	1	5783,9	1	616,7	976,6	2	1696,7	6	2157	8445	11 534
	Итого в среднем				144,3		4802,8		5444,1		641,3	882,8		1678,7		2671,6	6918,4	10 795,7

Анализ показал, что ранги оценки быков-производителей за первые 305 дней лактации дочерей изменились у 8 из 10 оцененных быков, что подтверждает повышение точности оценки. Оценка за всю лактацию позволяет существенно увеличить объем информации по продуктивности и воспроизводительной способности дочерей быков-производителей.

ВЫВОДЫ

1. При средней продолжительности сервис-периода по всей выборке 144,3 дня, она варьировала от 126,3 (дочери быка Топаз 1239) до 171,4 дня (дочери быка Кнор 45026), разница составила 45,1, или два полноценных половых цикла. Это свидетельствует о влиянии генотипа на продуктивность животных в одинаковых условиях кормления и содержания.

2. Удой за всю лактацию дочерей всех 10 оцениваемых быков-производителей достоверно ($p \geq 0,95$) превышает их показатели за первые 305 дней и значительно меняет ранг оценки, что необходимо учитывать при выборе быков.

3. Среднее квадратическое отклонение удоя (σ) дочерей за первые 305 дней лактации (882,8 кг) фактически оказалось в 2 раза ниже, чем за всю лактацию (1678,7 кг), что свидетельствует о недостаточной результативности и точности племенной оценки коров за данный отрезок лактации.

Существующая система оценки племенной ценности коров по действующей инструкции значительно отстает от достигнутых показателей в молочном скотоводстве и недостаточно учитывает вопросы воспроизводства и продолжительности продуктивного использования, которые оказывают влияние на рентабельность отрасли. Рыночная экономика и связанная с ней система ценообразования не принимают в расчет многие элементы селекции, без которых невозможно дальнейшее совершенствование пород животных и технологических элементов их эксплуатации. В высокопродуктивных стадах оценка коров по продуктивности за первые 305 дней лактации не учитывает вос-

производительные качества и не отражает истинную племенную ценность животных, о чем свидетельствует существенная разница в показателях изменчивости основных признаков отбора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самусенко Л.Д. Лактационная деятельность коров – как фактор продуктивного долголетия // Вестник аграрной науки. 2021. № 2 (89). С. 100–104. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.100.
2. Карамеев С.В., Валитов Х.З., Бакаева Л.Н., Китаев Е.А. Продуктивное долголетие коров в зависимости от породной принадлежности // Зоотехния. 2009. № 5. С. 16–19.
3. Самуйленко А.Я., Неминущая Л.А., Литвинова Е.О., Бондарева Н.А., Гринь С.А., Гринь А.В., Боро И.Л., Рудакова И.С., Киш Л.К., Шубина Е.А. Ветеринарные аспекты обеспечения продовольственной безопасности России // Ветеринария. 2012. № 3. С. 9–12.
4. Batanov S., Baranova I., Starostina O. Innovative methods in study of animal's conformation // Bulgarian journal of agricultural science. 2020. Vol. 26. N 6. P. 1286–1291.
5. Прохоренко П.Н. Методы повышения генетического потенциала продуктивности и его реализация в молочном скотоводстве // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2008. № 2(11). С. 11–13.
6. Иванова И.П., Троценко И.В., Троценко В.В. Результаты использования современных систем управления стадом в молочном скотоводстве // Вестник КрасГАУ. 2020. № 1 (154). С. 90–95. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-1-90-95.
7. Лабинов В.В. Современное состояние и перспективы развития животноводства // Рыночная экономика: взаимодействие партнеров. 2014. № 12. С. 2–5.
8. Хуранов А.М., Гукеев В.М. Генетический потенциал быков красно-пестрой голштинской породы // Вестник КрасГАУ. 2020. № 12 (165). С. 126–134. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-126-134.
9. Ногаева В.В., Албегова Л.Х. Влияние разной кровности по улучшающей породе коров-первотелок на их молочную продуктивность // Известия Горского государственного аграрного университета. 2020. Т. 57. № 1. С. 60–63.
10. Бакай А.В., Бакай Ф.Р., Лепёхина Т.В. Молочная продуктивность коров разных племенных быков в ЗАО СП «Аксиньино» // Зоотехния. 2017. № 11. С. 5–8.

11. Гозаев О.К., Кадиева Т.А., Демурова А.Р., Годжиев Р.С., Валиева Э.А. Влияние отдельных факторов на воспроизводительную способность и молочную продуктивность коров ярославской породы // Известия Горского государственного аграрного университета, 2019. Т. 56. № 3. С. 58–63.
12. Пеллинен А.В., Голубков А.И., Кузнецов А.И., Голубков А.А. Молочная продуктивность первотелок енисейского типа красно-пестрой породы в зависимости от линейной принадлежности и возраста первого отела // Вестник КрасГАУ. 2019. № 11. С. 98–105. DOI: 10.36718/1819-4036-2019-11-98-105.
13. Анистенюк С.В. Продуктивное долголетие коров айрширской породы в зависимости от причин выбытия из стада // Ветеринария. 2012. № 12. С. 34–38.
6. Ivanova I.P., Trotsenko I.V., Trotsenko V.V. The results of using modern stock management systems in dairy cattle breeding. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*, 2020, no. 1 (154), pp. 90–95. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2020-1-90-95.
7. Labinov V.V. Current state and prospects for the development of animal husbandry. *Rynochhnaya ekonomika: vzaimodeistvie partnerov = Compound feeds. Market economy: interaction of partners*, 2014, no. 12, pp. 2–5. (In Russian).
8. Khuranov A.M., Gukezhev V.M. Genetic potential of red-white bulls of Holstein breed. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*, 2020, no. 12 (165), pp. 126–134. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-126-134.
9. Nogaeva V.V., Albegova L.Kh. Effect of different thorough-bredness of the up-grading cow heifers on their milk productivity. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Journal of Proceedings of the Gorsky SAU*, 2020, vol. 57, no. 1, pp. 60–63. (In Russian).
10. Bakai A.V., Bakai F.R., Lepekhina T.V. Milk productivity of cows of different breeding bulls in ZAO SP «Aksinino». *Zootekhniya = Zootechniya*, 2017, no. 11, pp. 5–8. (In Russian).
11. Gogaev O.K., Kadieva T.A., Demurova A.R., Godzhiev R.S., Valiev E.A. Effect of certain factors on reproductive ability and dairy productivity of Yaroslavl cows. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Journal of Proceedings of the Gorsky SAU*, 2019, vol. 56, no. 3, pp. 58–63. (In Russian).
12. Pellinen A.V., Golubkov A.I., Kuznetsov A.I., Golubkov A.A. Milk productivity of the Yenisei type of red-mottled breed, depending on linear accessories and first breast age. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*, 2019, no. 11, pp. 98–105. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2019-11-98-105.
13. Anistenok S.V. Productive longevity of Ayrshire cows depending on the causes for their withdrawal from the herd. *Veterinariya = Veterinary Medicine*, 2012, no. 12, pp. 34–38. (In Russian).

REFERENCES

1. Samusenko L.D. Lactation activity of cows as a factor of productive longevity. *Vestnik agrarnoi nauki = Bulletin of Agrarian Science*, 2021, no. 2 (89), pp. 100–104. (In Russian). DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.2.100.
2. Karamaev S.V., Valitov H.Z., Bakaeva L.N., Kitaev E.A. Cows' productivity duration according their breed. *Zootekhniya = Zootechniya*, 2009, no. 5, pp. 16–19. (In Russian).
3. Samuilenko A.Ya., Neminushchaya L.A., Litvinova E.O., Bondareva N.A., Grin' S.A., Grin' A.V., Bero I.L., Rudakova I.S., Kish L.K., Shubina E.A. Veterinary aspects of food security in Russia. *Veterinariya = Veterinary Medicine*, 2012, no. 3, pp. 9–12. (In Russian).
4. Batanov S., Baranova I., Starostina O. Innovative methods in study of animal's conformation. *Bulgarian journal of agricultural science*, 2020, vol. 26, no. 6, pp. 1286–1291.
5. Prokhorenko P.N. Methods for increasing the genetic potential of productivity and its implementation in dairy cattle breeding. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik OrelGAU*, 2008, no. 2 (11), pp. 11–13. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гукежев В.М., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий отделом

✉ **Хуранов А.М.**, кандидат ветеринарных наук, доцент; **адрес для переписки:** Россия, 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 В; e-mail: huranovan85@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Vladimir M. Gukezhev, Doctor of Science in Agriculture, Professor, Head Researcher, Division Head

✉ **Alan M. Khuranov**, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Associate Professor; **address:** 1B, Lenina Ave., Nalchik, 360030, Russia; e-mail: huranovan85@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 28.03.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 25.07.2022

Дата публикации / Published 26.09.2022

РОСТ И РАЗВИТИЕ БЫЧКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ РАЗВЕДЕНИЯ

✉ **Лыков А.С., Кузьмина И.Ю.**

Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Магадан, Россия

✉ e-mail: agrarian@maglan.ru

Научно-хозяйственные опыты проведены на молодняке крупного рогатого скота в производственных условиях Магаданской области в соответствии с планом научных исследований 2020, 2021 гг. Проанализированы рост и развитие бычков, полученных разными методами разведения. Для эксперимента сформированы три группы бычков различных генотипов. В 1-ю группу вошли бычки герефордской породы третьего поколения (F_3), полученные в результате поглотительного скрещивания голштинской породы герефордской, во 2-ю – полукровные помеси герефордской и абердин-ангусской пород, полученные в результате промышленного скрещивания абердин-ангусских телок с герефордскими быками, в 3-ю – чистопородные голштинские бычки. На протяжении всего изученного периода выращивания (от рождения до 17-месячного возраста) животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что помесные бычки, полученные в результате поглотительного скрещивания голштинской породы герефордской (F_3) и промышленного скрещивания животных герефордской и абердин-ангусской пород, имели преимущество над своими сверстниками голштинской породы на протяжении всего периода выращивания по живой массе, среднесуточному, абсолютному приросту. Лучшими по этим показателям отмечены бычки герефордской породы третьего поколения. Они были тяжелей в 17-месячном возрасте полукровных бычков на 2,9% и тяжелей чистопородных голштинов на 12,5%. Помеси обеих групп имели явно выраженные мясные формы, глубокую и широкую грудную клетку, хорошо развитую мускулатуру тазобедренной области, спины и поясницы. Относительная скорость роста помесных бычков от рождения до 17-месячного возраста была выше голштинских на 3,5–4,1%.

Ключевые слова: рост и развитие, помесные бычки, поглотительное и промышленное скрещивание

GROWTH AND DEVELOPMENT OF YOUNG BULLS OBTAINED BY DIFFERENT BREEDING METHODS

✉ **Lykov A.S., Kuzmina I.Yu.**

Magadan Research Institute of Agriculture

Magadan, Russia

✉ e-mail: agrarian@maglan.ru

Scientific and economic experiments were conducted on young cattle in the production conditions of the Magadan region in accordance with the 2020, 2021 research plan. Growth and development of young bulls obtained by different methods of breeding were analyzed. Three groups of steers of different genotypes were formed for the experiment. The first group consisted of the third generation (F_3) Hereford bulls obtained as a result of the accumulation cross breeding of the Holstein breed by the Hereford breed, the second group consisted of half-blood crossbreeds of Hereford and Aberdeen-Angus crosses obtained as a result of commercial cross breeding of Aberdeen-Angus heifers with Hereford bulls, the third group - purebred Holstein bulls. Throughout the entire rearing period studied (from birth to 17 months of age) the animals were under the same feeding and keeping conditions. The analysis of the obtained data shows that crossbred young bulls obtained as a result of the accumulation cross breeding of the Hereford Holstein breed (F_3) and industrial cross breeding of the Hereford and Aberdeen-Angus breeds had an advantage over their counterparts of the Holstein breed throughout the whole period of cultivation in live weight, average daily and ab-

solute gain. The best in these indicators were the young bulls of the third generation Hereford breed. At the age of 17 months, they were heavier than half-blood young bulls by 2.9% and heavier than purebred Holstein bulls by 12.5%. Crossbreeds of both groups had pronounced meat shapes, deep and wide chest, well developed musculature of hips, back and loin. The relative growth rate of crossbred young bulls from birth to 17 months of age was 3.5-4.1% higher than that of Holstein bulls.

Keywords: growth and development, crossbred bulls, accumulation and commercial cross breeding

Для цитирования: Лыков А.С., Кузьмина И.Ю. Рост и развитие бычков, полученных разными методами разведения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 90–96. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-10>

For citation: Lykov A.S., Kuzmina I.Yu. Growth and development of young bulls obtained by different breeding methods. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 90–96. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-10>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Магаданская область не является сельскохозяйственным регионом, продукция сельхозпроизводителей составляет около 1,5% валового регионального продукта. Особая зависимость от завоза на территорию области отмечается по мясу и мясным продуктам. Доля собственного производства в потребляемых мясных продуктах составляет менее 10%.

На северо-востоке России сельскохозяйственное производство имеет не только экономическое, но и социальное значение, поскольку стабилизация социально-экономической ситуации и дальнейшее освоение территорий невозможно без удержания на них населения, для чего должны быть решены задачи продовольственной безопасности. Одна из главных задач – обеспечение жителей доступными и качественными продуктами питания местного производства. Это особенно важно в условиях зарубежных санкций и необходимости ускоренного импортозамещения продукции скотоводства.

В целях удовлетворения потребностей населения в охлажденном мясе правительством Магаданской области в 2014 г. приоритетом на территории региона наряду с производством мяса птицы и свинины признано развитие мясного скотоводства. В этом же году, впервые за всю историю развития скотоводства на Колыме, для искусственного осеменения маточного поголовья

голштинской породы начали использовать семя быков специализированных мясных пород [1].

Опытами российских ученых доказано, что крупный рогатый скот многих пород при интенсивном правильно организованном выращивании может достигать высокой мясной продуктивности. Однако при одинаково хороших условиях кормления и содержания животные мясных пород и помеси, полученные от скрещивания различных пород скота, быстрее откармливаются, дают более высокий убойный выход туш, экономичнее перерабатывают корма в продукцию, дают говядину лучшего качества, чем сверстники молочных и молочно-мясных пород [2–7]. Производство качественной говядины предусматривает экономически выгодное разведение животных, адаптированных к конкретным климатическим условиям, обладающих высокой продуктивностью.

На первом этапе для осеменения молочных голштинских коров и телок в Магаданской области использовали семя мясных быков герефордской и абердин-ангусской пород. Герефорды и ангусы входят в тройку самых популярных в нашей стране мясных пород, используемых для межпородного скрещивания и чистопородного разведения. Длительное чистопородное разведение скота этих пород привело к сильной консолидации наследственности. Поэтому в любых скрещиваниях скот этих пород устойчиво

передает свои хозяйственно полезные признаки потомству [8–15]. Так как ранее исследования по выявлению конкурентоспособных в условиях области специализированных мясных пород не проводились, они являются актуальными и востребованными. В 2018 г. сотрудниками Магаданского научно-исследовательского института сельского хозяйства такие исследования были начаты [16, 17]. В настоящее время исследования в этом направлении продолжаются.

Цель исследований – изучить хозяйственно-биологические особенности помесного скота мясного направления продуктивности для выявления желательных генотипов при создании популяции крупного рогатого скота мясного направления продуктивности в условиях Магаданской области. Задачи исследований – сравнительный анализ роста и развития бычков, выведенных разными методами межпородного скрещивания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Научно-хозяйственные опыты проведены на молодняке крупного рогатого скота в производственных условиях крестьянско-фермерского хозяйства «Комарова» (г. Магадан). Для изучения роста и развития подопытных животных сформированы три группы бычков, полученных от коров-первотелок, по 10 гол. в каждой. В 1-ю группу вошли бычки герефордской породы третьего поколения (F_3), полученные в результате поглотительного скрещивания голштинской породы с герефордской, во 2-ю – полукровные помеси с герефордской и абердин-ангусской пород, выведенные в результате промышленного скрещивания абердин-ангусских телок с герефордскими быками, в 3-ю – чистопородные голштинские бычки. В течение всего изученного периода животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания.

От рождения до 6-месячного возраста животных выращивали по технологии,

принятой в молочном скотоводстве. Рацион рассчитан на получение бычками 750–800 г среднесуточного прироста (хозяйственный уровень кормления). Телята до 15-дневного возраста содержались в индивидуальных клетках, до 6-месяцев – в группах по 4 гол. Далее, до 17-месячного возраста животные содержались в группах по 10–20 гол. с использованием силосно-концентратного типа кормления и хозяйственного рациона, рассчитанного на получение 900 г прироста живой массы в сутки. Оценка происхождения помесного скота разных генотипов сделана по данным зоотехнического и племенного учета. Для проведения исследований использованы общепринятые методики^{1,2}. Рост и развитие молодняка изучали по показателям живой массы на основе ежемесячных взвешиваний и взятия экстерьерных промеров. По результатам взвешиваний и измерений рассчитаны среднесуточный и абсолютный прирост, вычислены индексы телосложения. Относительную скорость роста рассчитывали по формуле С. Броди

$$B = [(W_1 - W_0) \times 100] : [(W_1 + W_0) \times 0,5],$$

где W_1 и W_0 – соответственно конечная и начальная живая масса.

Математический анализ экспериментальных данных проводили на основе общепринятых современных методик с применением программ Microsoft Office Excel³.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что в течение всего изученного периода бычки разных генотипов проявляли различную интенсивность роста. При рождении наибольшая живая масса отмечена у бычков 3-й группы, она превышала живую массу бычков 1-й и 2-й групп на 4,4 и 9,9% соответственно. Эта разница была обусловлена породными особенностями подопытных бычков. В течение всего изученного

¹Основы опытного дела в животноводстве. Под ред. член-кор. ВАСХНИЛ проф. А.И. Овсянникова. М., 1976. 27 с.

²Методические указания для научных исследований по выращиванию, нагулу и откорму крупного рогатого скота. М.: ВНИИЖ. 1958. 38 с.

³Система прикладных статистико-математических методов обработки экспериментальных данных в сельском хозяйстве. М.: МСХА, 1992. 160 с.

периода преимущество в живой массе зарегистрировано у бычков 1-й и 2-й групп (см. табл. 1).

Среднесуточный прирост за период от рождения до 6 мес был выше в группах помесных бычков. Так, разница показателей 1-й и 2-й групп по сравнению с 3-й составила 91,29 г ($p < 0,05$) и 89,32 г ($p < 0,05$) соответственно. Относительный прирост помесных бычков 1-й и 2-й групп от рождения до 6-месячного возраста был выше, чем у чистопородных сверстников, на 7,26–9,29% соответственно. Наибольший абсолютный прирост живой массы от 6 до 17 мес отмечен у герефордских бычков третьего поколения (276,06 кг). Это достоверно ($p < 0,05$) больше, чем у полукровок на 10,58, и 34,44 кг больше, чем у голштинов. Относительная скорость роста у бычков 1-й группы за этот период составила 90,3%, 2-й – 88,9, 3-й – 88,3%.

В 17-месячном возрасте наибольшими показателями живой массы выделялись животные 1-й группы, они были тяжелей бычков 2-й группы на 2,9% и тяжелей бычков 3-й группы на 12,5%. Среднесуточный прирост за период от рождения до 17-месячного возраста зарегистрирован достоверно ($p < 0,05$) больше у помесей 1-й и 2-й групп, чем у бычков 3-й группы, на 99,5 г (14,0%) и 78,5 г (11,1%) соответственно. Наиболь-

ший абсолютный и прирост живой массы за этот период отмечен у бычков 1-й группы (414,1 кг), это больше, чем во 2-й и в 3-й группах на 11,6 и 50,6 кг соответственно. Относительная скорость роста помесных бычков зарегистрирована выше голштинских в 1-й и 2-й группах на 4,1 и 3,5% соответственно.

На всем протяжении исследований помесные бычки существенно отличались от голштинских сверстников по телосложению. Помеси имели явно выраженные мясные формы, глубокую и широкую грудную клетку, хорошо развитую мускулатуру тазобедренной области, спины и поясницы.

При изучении линейного роста подопытного молодняка в 4-месячном возрасте не выявлено существенных различий в высотных промерах. Наибольшие различия между молочными и помесными бычками были в обхвате и глубине груди. Так, по обхвату груди животные 1-й и 2-й групп превышали животных 3-й группы на 8,9 и 5,7% ($p < 0,01$), по глубине груди – на 12,6 и 8,4% ($p < 0,01$) соответственно (см. табл. 2). В возрасте 17 мес отмечена разница по широтным промерам. Помеси в 1-й и 2-й группах достоверно ($p < 0,01$) превышали голштинских сверстников по обхвату груди на 11,1 и 6,3%, по ширине груди на 25,4 и 22,0%, по глубине груди на 9,5 и 6,4%, по ширине в

Табл. 1. Динамика живой массы и среднесуточный прирост подопытных бычков

Table 1. Dynamics of live weight and average daily gain of experimental bulls

Возраст, мес	Группа		
	1-я	2-я	3-я
<i>Живая масса, кг</i>			
При рождении	29,70 ± 0,47	28,2 ± 0,33	31,00 ± 0,26
1	51,30 ± 0,68	48,8 ± 0,48	47,70 ± 0,21
3	95,90 ± 2,04	90,8 ± 0,82	85,50 ± 0,21
6	167,75 ± 1,35	165,85 ± 0,97	152,90 ± 0,66
12	316,18 ± 1,04	311,10 ± 1,44	284,14 ± 1,09
17	443,81 ± 1,71*	431,33 ± 1,91*	394,52 ± 1,71
<i>Среднесуточный прирост, г</i>			
0–6	766,69 ± 10,44	764,72 ± 6,21	675,40 ± 2,30
6–12	824,60 ± 4,68	806,90 ± 3,70	729,50 ± 3,00
0–17	812,20 ± 2,91*	791,20 ± 2,79*	712,73 ± 3,18
<i>Относительная скорость роста, %</i>			
6–12	61,36 ± 0,53	60,91 ± 0,23	60,10 ± 0,12
0–17	174,96 ± 0,35	174,51 ± 0,31	170,86 ± 0,21

* $p < 0,05$.

Табл. 2. Промеры отдельных статей подопытных бычков в возрасте 4 мес, см**Table 2.** Measurements of individual parameters of experimental bulls at the age of 4 months, cm

Промер	Группа		
	1-я	2-я	3-я
Высота в холке	83,6 ± 0,59	81,6 ± 0,62	83,2 ± 0,53
Высота в крестце	88,2 ± 0,54	86,9 ± 0,47	89,8 ± 0,69
Косая длина туловища	95,3 ± 1,05	92,4 ± 0,74	94,9 ± 0,73
Обхват груди	108,4 ± 1,05*	105,2 ± 0,88*	99,5 ± 0,89
Глубина груди	37,5 ± 0,60*	36,1 ± 0,79*	33,3 ± 0,37
Ширина груди	22,4 ± 0,69	21,4 ± 0,60	20,0 ± 0,41
Ширина в маклоках	24,5 ± 0,62	23,6 ± 0,38	23,4 ± 0,22
Обхват пясти	13,1 ± 0,17	12,7 ± 0,17	12,4 ± 0,11

Здесь и в табл. 3. * $p < 0,01$.

маклоках на 11,0 и 9,6% соответственно. По высотным промерам среди помесей выделялись животные 1-й группы. Они превышали бычков 2-й группы по высоте в холке на 3,9%, по высоте в крестце на 2%, по косой длине туловища на 4,8% (см. табл. 3).

Для более детального изучения развития подопытных бычков рассчитаны некоторые индексы телосложения в возрасте 4 и 17 мес (см. табл. 4). Развитие телят всех групп происходило нормально. С возрастом наблюдали уменьшение индекса длинноногости

и увеличение индекса формата (растянутости). Увеличение с возрастом индекса сбитости свидетельствует о развитии у бычков мясного типа телосложения. На протяжении всего периода выращивания помеси отличались более высоким грудным индексом и индексом сбитости, по сравнению с голштинами, что характерно для развития бычков мясного направления продуктивности. Существенной разницы индексов телосложения у помесных бычков изучаемых генотипов в 1-й и 2-й группах не отмечено.

Табл. 3. Промеры отдельных статей подопытных бычков в 17-месячном возрасте, см**Table 3.** Measurements of individual parameters of experimental bulls at 17 months of age, cm

Промер	Группа		
	1-я	2-я	3-я
Высота в холке	121,7 ± 1,7	117,1 ± 3,1	122,2 ± 1,9
Высота в крестце	125,1 ± 1,9	122,7 ± 1,9	126,8 ± 1,9
Косая длина туловища	147,7 ± 2,5	141,0 ± 2,2	149,1 ± 2,9
Обхват груди	189,0 ± 2,7*	180,9 ± 2,5*	170,1 ± 2,2
Ширина груди	47,4 ± 1,9*	46,1 ± 1,8*	37,8 ± 1,5
Глубина груди	68,3 ± 2,2*	66,4 ± 2,3*	62,4 ± 1,5
Ширина в маклоках	39,5 ± 0,7*	39,0 ± 0,43*	35,6 ± 0,36
Обхват пясти	20,2 ± 0,2	20,0 ± 0,18	17,8 ± 0,14

Табл. 4. Индексы телосложения подопытных бычков, %**Table 4.** Body indexes of experimental bulls, %

Наименование индекса	Группа					
	1-я		2-я		3-я	
	17 мес	4 мес	17 мес	4 мес	17 мес	4 мес
Длинноногости	43,9	55,1	43,8	55,8	48,9	60,0
Костистости	16,6	15,7	17,1	15,6	14,6	14,9
Растянутости	121,4	114,0	120,4	113,2	122,0	114,1
Грудной	69,3	59,7	69,4	59,3	60,6	60,1
Сбитости	128,0	113,7	128,3	113,9	114,1	104,8
Перерослости	102,8	105,5	104,8	106,5	103,8	107,9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований доказывают успешное применение поглотительного и промышленного скрещивания с производителями специализированных мясных пород в условиях товарных животноводческих предприятий Магаданской области. Это позволяет получать молодняк, характеризующийся высокой интенсивностью роста и живой массой, выраженностью мясных форм в 17-месячном возрасте. Применение этих методов разведения положительно скажется на динамике развития мясного скотоводства региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыков А.С. Мясное скотоводство Магаданской области и перспективы его развития // Вестник Дальневосточного отделения наук Российской академии наук. 2019. № 3. С. 123–126. DOI: 10.25808/08697698.2019.205.3.021.
2. Зеленов Г.Н. Проявление мясной продуктивности и пищевые достоинства говядины у скота различных генотипов // Зоотехния. 2014. № 8. С. 20–21.
3. Левахин В.И., Саркенов Б.А., Поберухин М.М. Адаптационные способности и продуктивность чистопородных и помесных бычков при различных технологиях выращивания // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 4. С. 5–8.
4. Горлов И.Ф., Сложеникина М.И., Ранделин А.В., Шахбазова О.П., Губарева В.В., Дорошенко В.Б. Особенности роста, развития мясной продуктивности бычков казахской белоголовой породы разных генотипов // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 3. С. 10–13.
5. Смирнова М.Ф., Сафронов С.Л., Сулоев А.М. Сравнительная характеристика мясной продуктивности чистопородного и помесного скота // Вестник агропромышленного комплекса Верхневолжья. 2016. № 3 (34). С. 40–45.
6. Сударев Н.П., Щукина Т.Н. Сравнительная оценка продуктивности бычков разных генотипов // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 5. С. 23–27.
7. Гудыменко В.В. Эффективность откорма чистопородных и помесных бычков // Зоотехния. 2014. № 3. С. 18–21.
8. Голубева А.В., Сударев Н.П., Щукина Т.Н. Повышение мясной продуктивности скота

казахской белоголовой породы при скрещивании с герефордами // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 2. С. 16–18.

9. Каюмов Ф.Г. Некоторые аспекты племенной работы по совершенствованию герефордской и казахской белоголовой пород // Зоотехния. 2013. № 10. С. 2–4.
10. Литовченко В.Г., Тюлебаев С.Д., Герасимов Н.П., Кадышева М.Д. Потенциал весового и линейного роста телок герефордской породы разных генотипических групп // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 2. С. 18–20.
11. Смирнова М.Ф., Сафронов С.Л., Сулоев А.М., Фомина Н.В. Особенности роста и развития молодняка герефордской породы в разных регионах России // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 8. С. 23–26.
12. Басонов О.А., Асадчий А.А. Мясная продуктивность и биологические особенности чистопородных и помесных бычков герефордской породы // Зоотехния. 2020. № 10. С. 20–24. DOI: 10.25708/ZT.2020.29.67.006.
13. Дюльдина А.В. Мясная продуктивность бычков абердин-ангусской породы различного происхождения // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 8. С. 31–33.
14. Шаркаев Г.А. Результаты использования импортного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности в Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 1. С. 11–13.
15. Габайдулин Н., Тагиров Х., Исхаков Р. Продуктивные качества чистопородных и помесных бычков // Молочное и мясное скотоводство. 2011. Спецвыпуск. С. 25–26.
16. Лыков А.С. Резервы производства говядины в Магаданской области // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2019. № 3. С. 61–64. DOI: 10.32935/2221-7312-2019-41-3-61-64.
17. Лыков А.С., Кузьмина И.Ю. Использование герефордов для межпородного скрещивания в условиях Колымы // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2019. № 3. С. 49–51. DOI: 10.32935/2221-7312-2019-41-3-49-51.

REFERENCES

1. Lykov A.S. Beef cattle farming in the Magadan region and prospects for its development. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya nauk Rossiiskoi akademii nauk. = Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences*, 2019, no. 3, pp. 123–126. (In Russian). DOI: 10.25808/08697698.2019.205.3.021.

2. Zelenov G.N. Meat productivity and nutritious qualities of beef from different genotype cattle. *Zootekhniya = Zootechniya*, 2014, no. 8, pp. 20–21. (In Russian).
3. Levakhin V.I., Sarkenov B.A., Poberukhin M.M. Genotype, adaptation and productivity of purebred and crossbred young cattle with different growing technologies. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2015, no. 4, pp. 5–8. (In Russian).
4. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Randelin A.V., Shakhbazova O.P., Gubareva V.V., Doroshenko V.B. Growth, development of beef production Kazakh white-headed bulls of different genotypes. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2016, no. 3, pp. 10–13. (In Russian).
5. Smirnova M.F., Safronov S.L., Suloev A.M. The comparative characteristics of meat efficiency of thoroughbred and crossbred cattle. *Vestnik agropromyshlennogo kompleksa Verkhnevolzh'ya = Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*, 2016, no. 3 (34), pp. 40–45. (In Russian).
6. Sudarev N.P., Shchukina T.N. Comparative evaluation of performance of steers with different genotypes. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2016, no. 5, pp. 23–27. (In Russian).
7. Gudymenko V.V. The efficiency of the fattening of thoroughbred and crossbred bulls. *Zootekhniya = Zootechniya*, 2014, no. 3, pp. 18–21. (In Russian).
8. Golubeva A.V., Sudarev N.P., Shchukina T.N. The increase in meat livestock productivity of Kazakh white-headed breed crosses with Hereford. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2015, no. 2, pp. 16–18. (In Russian).
9. Kayumov F.G. Some aspects of selection on perfection the Hereford and Kazakh white-headed breeds. *Zootekhniya = Zootechniya*, 2013, no. 10, pp. 2–4. (In Russian).
10. Litovchenko V.G., Tyulebaev S.D., Gerasimov N.P., Kadysheva M.D. Weight and linear growth potential of Hereford heifers of different genetic groups. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2015, no. 2, pp. 18–20. (In Russian).
11. Smirnova M.F., Safronov S.L., Suloev A.M., Fomina N.V. Characteristics of growth and development of young growth of Hereford breed in different regions of Russia. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2015, no. 8, pp. 23–26. (In Russian).
12. Basonov O.A., Asadchiy A.A. Meat productivity and biological characteristics of purebred and crossbred youngsters of Hereford breed. *Zootekhniya = Zootechniya*, 2020, no. 10, pp. 20–24. (In Russian). DOI: 10.25708/ZT.2020.29.67.006.
13. Dyul'dina A.V. Meat productivity of steers Aberdeen-Angus breed of different origin. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2016, no. 8, pp. 31–33. (In Russian).
14. Sharkaev G.A. The results of the use of imported cattle beef productivity in the Russian Federation. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2016, no. 1, C. 11–13. (In Russian).
15. Gabaidulin N., Tagirov Kh., Iskhakov R. Productive qualities of thoroughbred and hybrid bulls. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and beef cattle farming*, 2011, Special issue, pp. 25–26. (In Russian).
16. Lykov A.S. Reserves of beef production in the Magadan region. *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa = Theoretical and Applied Problems of Agro-industry*, 2019, no. 3, pp. 61–64. (In Russian). DOI: 10.32935/2221-7312-2019-41-3-61-64.
17. Lykov A.S., Kuzmina I.Yu. Hereford bulls for cross breeding in Kolyma. *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa = Theoretical and Applied Problems of Agro-industry*, no. 3, pp. 49–51. (In Russian). DOI: 10.32935/2221-7312-2019-41-3-49-51.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Лыков А.С.**, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 685000, г. Магадан, ул. Пролетарская, 17; e-mail: agrarian@maglan.ru

Кузьмина И.Ю., старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Aleksandr S. Lykov**, Senior Researcher; **address:** 17, Proletarskaya St., Magadan, 685000, Russia; e-mail: agrarian@maglan.ru

Irina Yu. Kuzmina, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 20.04.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 22.06.2022

Дата публикации / Published 26.09.2022



ВЛИЯНИЕ ЭНДОФИТНЫХ ГРИБОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ КОРМОВЫХ БОБОВ (*VICIA FABA* L.)

✉ Садохина Т.А.

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

✉ e-mail: sadohina78@yandex.ru

Представлены результаты изучения влияния энтомопатогенных грибов *Metarhizium robertsii* и *Beauveria bassiana* на рост и развитие кормовых бобов сорта Сибирские. Исследования проведены в 2019, 2020 гг. Предпосевная обработка семян кормовых бобов (*Vicia faba* L.) эндофитными грибами *M. robertsii* и *B. bassiana* с последующим выращиванием в полевых условиях способствовала ускорению ростовых процессов, формированию большей биологической массы и увеличению урожайности. Эффективность энтомопатогенных грибов *M. robertsii* и *B. bassiana* оценивали в полевом опыте в условиях лесостепной зоны Западной Сибири на черноземе выщелоченном. Использование на кормовых бобах *M. robertsii* достоверно увеличивало урожайность зерна на 2,0–4,2 ц/га (Ман-В, $p = 0,01565$), высоту растений на 6–16 см, а также облиственность и массу 1000 зерен. Использование *B. bassiana* не привело к увеличению урожайности. Установлено достоверное увеличение числа активных клубеньков на корнях растений кормовых бобов, на которых применяли обработку *M. robertsii*. В фазу цветения отмечены существенные различия между контролем и вариантом с применением *B. bassiana* (Fisher, $p = 0,000085$). Обработка семян бобов энтомопатогенными грибами *M. robertsii* и *B. bassiana* перед посевом позволяет повысить урожайность культуры и стимулировать ростовые процессы. В перспективе этот прием может использоваться в сельскохозяйственной практике на других бобовых культурах. Настоящая работа является первым исследованием влияния энтомопатогенных грибов на кормовые бобы при выращивании в условиях континентального климата Западной Сибири.

Ключевые слова: эндофит, урожайность, устойчивость, стимуляция роста, *Metarhizium robertsii*, *Beauveria bassiana*

EFFECT OF ENDOPHYTIC FUNGI ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF FODDER BEANS (*VICIA FABA* L.)

✉ Sadokhina T.A.

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

✉ e-mail: sadohina78@yandex.ru

The results of studying the effect of entomopathogenic fungi *Metarhizium robertsii* and *Beauveria bassiana* on the growth and development of fodder beans of the Siberian variety are presented. The studies were conducted in 2019, 2020. Presowing treatment of fodder beans (*Vicia faba* L.) seeds with endophytic fungi *M. robertsii* and *B. bassiana* with subsequent cultivation in the field conditions contributed to the acceleration of the growth processes, the formation of a greater biological mass and an increase in the yield. The efficiency of entomopathogenic fungi *M. robertsii* and *B. bassiana* was evaluated in a field experiment in the forest-steppe zone of Western Siberia on leached chernozem. The use of *M. robertsii* on fodder beans significantly increased grain yield by 2.0-4.2 c/ha (Man-W, $p = 0.01565$), the plant height by 6-16 cm, as well as foliage and weight of

1000 grains. The use of *B. bassiana* did not result in an increase in yield. A significant increase in the number of active nodules on the roots of fodder bean plants where *M. robertsii* treatment was applied was observed. During the flowering phase, significant differences between the control and the variant with *B. bassiana* application were noted (Fisher, $p = 0.000085$). Treatment of bean seeds with entomopathogenic fungi *M. robertsii* and *B. bassiana* before sowing can increase crop yield and stimulate growth processes. In the future, this technique can be used in agricultural practice on other legume crops. The present work is the first study of the effect of entomopathogenic fungi on fodder beans when grown in the continental climate of Western Siberia.

Keywords: endophyte, yield, stability, growth stimulation, *Metarhizium robertsii*, *Beauveria bassiana*

Для цитирования: Садохина Т.А. Влияние эндофитных грибов на рост и развитие кормовых бобов (*Vicia faba* L.) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 97–106. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-11>

For citation: Sadokhina T.A. Effect of endophytic fungi on the growth and development of fodder beans (*Vicia faba* L.). *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 97–106. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-11>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Почвенные грибы образуют тесный симбиоз с более чем 90% всех видов сосудистых растений [1]. Эти взаимодействия развивались более 400 млн лет и имеют огромное экологическое значение, поскольку способствуют усвоению растениями питательных веществ [2]. Азот считается критически важным питательным веществом, ограничивающим рост растений, и обычно должен фиксироваться азотфиксирующими бактериями для потребления растениями [3]. В почве не хватает легко используемого углерода для многих микроорганизмов, следовательно между ними существует огромная конкуренция за этот ресурс [4, 5]. Растения часто производят избыток продуктов фотосинтеза, особенно при наличии достаточного количества азота, часть которого попадает в ризосферу [6]. Эти питательные вещества дают возможность для потенциального симбиотического обмена питательными веществами между растениями и эндофитными грибами. Растения нуждаются в азоте, а грибы – в доступном углероде. Изучение этих взаимоотношений открывает большие возможности использования данной группы организмов в сельском хозяйстве и вызывает огромный интерес к ним со стороны научного сообщества.

В отличие от микроорганизмов, населяющих поверхность корневой системы и надземных вегетативных органов растений, представители симбиотных сообществ (эндофитные микроорганизмы) способны вступать с растением хозяином в более тесные взаимоотношения. В некоторых случаях они сильно влияют на его фенотип в целом, а также на такие процессы, как регуляция роста и развития, фитоиммунитет и приспособление к меняющимся условиям существования, не формируя при этом никаких специфических структур [7].

Взаимодействие бобовых растений с *Metarhizium robertsii* и *Beauveria bassiana* является преимущественно мутуалистическим. Данные эндофиты стимулируют вегетативное развитие и размножение, а также повышают устойчивость хозяина к средовым стрессам и оказывают угнетающее действие на фитопатогены [8].

Metarhizium также способен образовывать эндофитные ассоциации в лабораторных и полевых условиях со многими видами растений [9]. В настоящее время доказано, что энтомопатогенные грибы из родов *Metarhizium* и *Baeuveria* могут вступать в мутуалистические взаимодействия с различными видами растений и подавлять инфекции, вызываемые грибковыми фитопатогенами [10–12].

Изучение биоразнообразия эндофитных микроорганизмов – новое направление в биологии. Однако уже сейчас можно отметить, что у большинства сельскохозяйственных растений выявлены эндофитные грибы. Такие микроорганизмы найдены у злаковых и бобовых культур, у одно- и многолетних растений, у сахарной свеклы, кукурузы, сорго, картофеля и многих других культур [13–15]. Доказано взаимодействие эндофитных грибов с многолетними злаковыми культурами.

Кормовые бобы (*Vicia faba* L.) – одна из важнейших культур данного семейства, которая в настоящее время традиционно используется в качестве пищи в ряде стран, например в Индии, Филиппинах, Нигерии, Гане, Бразилии и Малави [16]. На урожайность кормовых бобов влияет ряд внешних факторов, способных в значительной степени снизить этот показатель. Один из способов нивелирования неблагоприятного воздействия окружающей среды – интегрирование полезной микробиоты, способной влиять на рост и развитие растений, повышать эффективность использования питательных веществ и формировать устойчивость к абиотическим стрессам и к болезням.

Необходимо отметить, что большинство исследований взаимодействия между эндофитными энтомопатогенными грибами, растениями и фитопатогенами проводились в лабораторных условиях. Однако результаты, полученные в лабораторных условиях, не всегда согласуются с данными полевых экспериментов из-за влияния большого количества факторов окружающей среды [17]. Исследований влияния энтомопатогенных грибов на рост и развитие кормовых бобов в полевых условиях не проводилось.

Цель исследований – определить влияние эндофитных грибов *Metarhizium robertsii* и *Beauveria bassiana* на ростовые процессы и урожайность кормовых бобов сорта Сибирские.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2019, 2020 гг. на полевом стационаре Сибирского научно-исследовательского института кормов

СФНЦА РАН, расположенном в северной лесостепи Приобья Новосибирской области (Россия). Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный среднесуглинистый с содержанием гумуса в слое 0–20 см около 6%. Относительно хорошо почва обеспечена подвижными формами фосфора и обменного калия. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной. Сумма поглощенных оснований 58–61 мг/экв. на 100 г почвы. Таким образом, почва характеризуется хорошими физико-химическими показателями.

По климатическим ресурсам – это умеренно теплый, недостаточно увлажненный агроклиматический район. Среднегодовое количество осадков составляет 350–450 мм, из них 254 мм выпадает в теплый период года (апрель – сентябрь). За июнь – август выпадает 113–130 мм. Гидротермический коэффициент по Селянинову в период с температурой воздуха выше 10 °С составляет 1,0–1,2. Самый холодный месяц – январь, со среднесуточной температурой – 19,4 °С, самый жаркий – июль 18,4 °С. Сумма положительных температур выше + 10 °С в среднем составляет 1880°, с отклонениями по годам от 1500 до 2250°. Весенние заморозки в воздухе возможны до 20 мая, на почве – до 17 июня. Начало осенних заморозков приходится на конец августа.

Обработки и посев. Полевой эксперимент включал три варианта. Конидии грибов *B. bassiana* и *M. robertsii* суспендировали в растворе вода–Твин 20 (0,04%) при концентрации 5×10^7 конидий/мл. Зерно кормовых бобов обрабатывали суспензией и давали высохнуть непосредственно перед посевом. Контрольный вариант обрабатывали 0,04%-м Твином. Внесенный объем суспензии составлял 2,5 л на 20 кг зерна кормовых бобов. Использовали штаммы энтомопатогенных грибов *M. robertsii* (P-72) и *B. bassiana* (Sar-31), полученные из коллекции микроорганизмов Института систематики и экологии животных Сибирского отделения Российской академии наук. Конидиальную массу нарабатывали методом двухфазного культивирования.

Размещали варианты последовательно в один ярус в пятикратной повторности. Посев проводили 16 мая в 2019 г. и 19 мая в 2020 г., когда температура почвы на глубине 6–8 см достигла 8–10 °С. При посеве расстояние между рядками составляло 70 см, норма высева – 400 тыс. всхожих зерен/га. Длина делянки в опыте 10 м, ширина 3,9 м, учетная площадь 39 м². Учет урожая семян проведен 10 октября 2019 г. и 18 сентября 2020 г..

Фазы роста растений оценивали в течение вегетационного периода. Кроме того, были проанализированы характеристики урожая бобов с вариантов обработки грибами. После посева на 12, 26, 41, 59, 79 и 98-е сутки оценили характеристики роста и развития растений кормовых бобов. Для определения основных параметров роста растений в поле на каждой повторности случайным образом отбирали 10 растений ($n = 50$ растений в каждом варианте). Растения выкапывали и проводили учеты и наблюдения. Параметры урожая оценивали после уборки. Во время вегетации культуры выделяют несколько основных фаз. Все они имеют определенную длительность. Условия прохождения каждой из фаз влияют на урожай культуры и его качество по-разному. Продолжительность межфазных периодов у растений кормовых бобов определяли по следующим фазам: полные всходы, 5–6 листьев, ветвление, цветение, образование бобов, налив семян и созревание.

Подсчет ризобийных клубеньков проводили в 2019 и 2020 гг. Для этого случайно отбирали по 10 растений кормовых бобов с каждого повторения ($n = 50$) на 41, 59 и 79-й день после посева. Растения тщательно промывали и проводили подсчет клубеньков на каждом из них.

Статистический анализ. Анализ массива данных выполняли с использованием Statistica 8 (StatSoft Inc., США) и PAST 3 [18]. Нормальность распределения данных проверяли с помощью W критерия Шапиро – Уилка. Нормально распределенные данные анализировали с помощью одностороннего дисперсионного анализа с последующим LSD-тестом Фишера. Ненормальные дан-

ные были проанализированы с помощью теста Краскела-Уоллиса, а затем теста Данна или с использованием критерия Манна–Уитни.

Погодные условия в период вегетации.

Вегетационный период 2019 г. можно охарактеризовать (ГТК май – сентябрь = 1,2) как близкий к климатической норме для места проведения исследований, но с переменным по месяцам количеством осадков и недостатком влаги в июне (ГТК = 0,5) и августе (ГТК = 0,4).

При посеве 16 мая запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составили 103 мм. Подекадное распределение ресурсов влаги за период III декада июня – III декада июля имеет особое значение для растений кормовых бобов, которые проходят в это время фазы цветения – налива семян – созревания. Так, в 2019 г., начиная с III декады июня по III декаду августа, количество осадков составило 123 мм, или 94% от среднемноголетней нормы, но с неравномерным распределением. Температура воздуха во II и III декадах июня и июля была на 0,2–0,5 °С ниже среднемноголетних показателей, в августе на 2,2 °С выше нормы. В среднем максимальная температура воздуха достигала 29,3–29,8 °С в I декаде июля (см. рис. 1).

Развитие кормовых бобов в вегетационном периоде 2019 г. проходило при дефиците осадков в фазе цветения – налив семян (III декада июня, III декада июля и весь август) при среднесуточной температуре воздуха в августе на 2,2 °С выше климатической нормы, средней максимальной температуре воздуха в дневные часы до 29,8 °С, относительной влажности воздуха в этот период ниже нормы на 5–11%. По количеству осадков летний период 2020 г. можно охарактеризовать (ГТК май – сентябрь = 1,29), как близкий к климатической норме для места проведения исследований, но с неравномерным распределением осадков, недостатком влаги в июне (ГТК = 0,4) и во II декаде июля (ГТК = 0,6).

Средняя температура воздуха I декады июня составила 13,9 °С при норме 15,0 °С. Это способствовало быстрому появлению всходов и хорошему их развитию. Вторая и

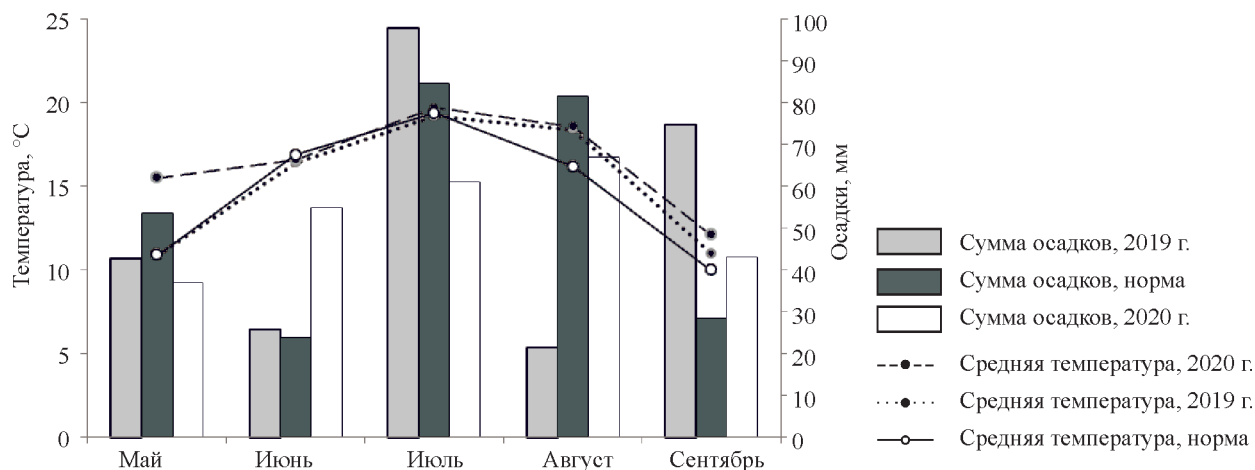


Рис. 1. Динамика температуры и осадков в течение вегетации 2019, 2020 гг. Метеостанция Огурцово

Fig. 1. Dynamics of temperature and precipitation during the growing season of 2019 and 2020. MS Ogurtsovo

III декады июня характеризовались отсутствием осадков и высокими температурами (температура воздуха на 1,1 °C выше среднемноголетнего показателя). Сухая и жаркая погода в этот период негативно отразилась на накоплении биомассы и урожайности кормовых бобов.

В 2020 г. начиная с I декады июля (после сильного стресса) до III декады августа количество осадков составило 167 мм, или 1280% от среднемноголетней нормы, с равномерным их распределением. В I декаде июля выпало осадков 2000% от нормы (32 мм).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях Западной Сибири впервые обнаружено, что обработка семян кормовых бобов энтомопатогенным грибом *M. robertsii* стимулирует рост и увеличивает урожайность. Аналогичные тенденции наблю-

дались после обработки семян штаммом *B. bassiana*, но полученный эффект был слабее.

Период от всходов до образования 5–6 листьев характеризовался последовательно происходящими процессами формирования стебля, листьев, прилистников и образования клубеньков на корнях растений. Более дружные и сильные всходы обеспечивают высокую облиственность агроценоза и являются залогом последующего развития культуры.

Данные исследований свидетельствуют, что обработка семян грибными штаммами оказывала существенное влияние на ростовые процессы растений кормовых бобов (см. табл. 1). Влияние *M. robertsii* более выражено и четко прослеживается во все годы исследований, продолжительность вегетационного периода заметно увеличивается на 6–9 сут по сравнению с контрольным вариантом.

Табл. 1. Длительность межфазных периодов растений кормовых бобов в зависимости от применяемых штаммов, сут

Table 1. Duration of interphase periods of fodder bean plants depending on the strains used, days

Вариант	Продолжительность межфазного периода												Продолжительность вегетационного периода	
	Всходы – фаза 5–6 листьев		Фаза 5–6 листьев – ветвление		Ветвление – цветение		Цветение – образование бобов		Образование бобов – налив семян		Налив семян – созревание			
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
К.	10	12	20	14	18	15	19	18	24	20	20	19	111	98
<i>B. b</i>	–	11	–	15	–	15	–	18	–	20	–	20	–	99
<i>M. r</i>	11	13	21	16	21	17	21	19	26	21	21	18	120	104

Примечание: К – контроль; *B. b* – *B. bassiana*; *M. r* – *M. robertsii*.

Эффект от использования грибов в опыте проявился уже в начальные фазы развития кормовых бобов и сохранялся в течение всего вегетационного периода (см. рис. 2).

Высота растений в зависимости от применяемых штаммов в 2020 г. изменялась от 6 до 16 см в разные фазы их развития (см. рис. 3). В фазе 5–6 листьев получена достоверная прибавка 15% при обработке *M. robertsii* (Man-W, $p = 0,01219$) и *B. bassiana* (Man-W, $p = 0,01597$).

Обработка семян кормовых бобов грибом *M. robertsii* существенно повлияла на нарастание надземной массы растений от фазы ветвления, так как с этого момента начинается интенсивное потребление элементов питания из почвы, и есть вероятность, что гриб *M. robertsii* создавал более благоприятные условия для этого в ризосфере кормовых бобов.

Обработка семян кормовых бобов энтомопатогенным грибом *M. robertsii* спо-



Рис. 2. Растения кормовых бобов в фазы ветвления, цветения, полного созревания (слева направо): контроль, гриб *B. bassiana*, гриб *M. robertsii*

Fig. 2. Fodder bean plants in the phases of branching, flowering, full maturation (from left to right): control, mushroom *B. bassiana*, mushroom *M. robertsii*

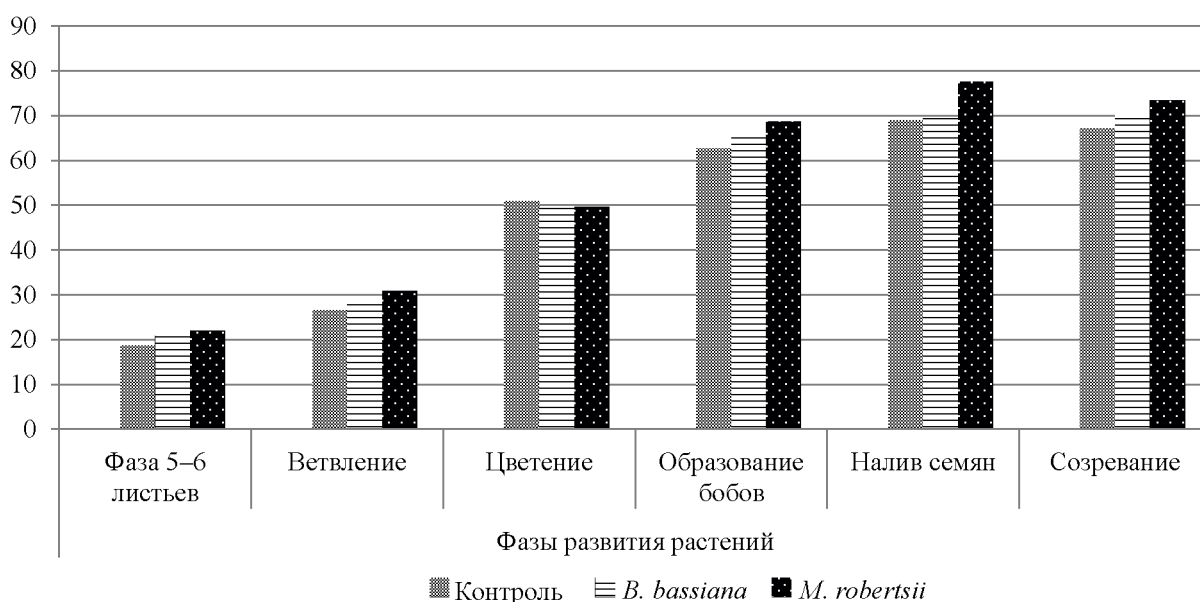


Рис. 3. Высота растений кормовых бобов в зависимости от применяемых штаммов, см *M. robertsii* (Man-W, $p = 0,01219$) и *B. bassiana* (Man-W, $p = 0,01597$)

Fig. 3. Height of fodder bean plants depending on the strains used, cm *M. robertsii* (Man-W, $p = 0,01219$) and *B. bassiana* (Man-W, $p = 0,01597$)

собствовала более мощному развитию корневой системы с большим количеством боковых корней и появлению активных азотфиксирующих ризобияльных клубеньков. На 41-й день после посева количество активных клубеньков на корнях кормовых бобов с *M. robertsii* было в 2,4 раза больше, чем на контрольном варианте (Fisher, $p = 0,000005$). Незначительное развитие ризобияльных клубеньков в фазе бутонизации связано с жесткой засухой, проявившейся в конце июня 2020 г. (ГТК = 0,4), запас продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см составил 10,5 мм (см. табл. 2).

Наиболее значимое различие *M. robertsii* с контролем отмечено в фазе цветения кормовых бобов через 59 дней после посева. После интенсивных осадков и увлажнения почвы количество клубеньков на всех вариантах опыта увеличилось в 3 раза по отношению к фазе бутонизации (Fisher, $p = 0,00003$). Существенны и различия в этот период между контролем и вариантом с *B. bassiana* (Fisher, $p = 0,000085$).

К концу вегетации кормовых бобов через 11 нед после посева различия в количестве клубеньков сглаживались, разница составила 1,7 между контролем и *B. bassiana* (Fisher, $p = 0,000176$) и 1,4 раза между контролем и *M. robertsii* (Fisher, $p = 0,027119$). Это связано в первую очередь с естественным старением симбиотического клубенька.

Анализ данных по структуре урожая показывает, что изучаемые виды грибов по-разному, но положительно влияли на изучаемые признаки. Высота растений по всем вариантам опыта имела четкую тенденцию

к увеличению по отношению к контрольному варианту (до 16%). Проведение обработки семян конидиальной массой *M. robertsii* способствовало усилению ростовых процессов и тем самым формированию более мощных по габитусу растений кормовых бобов, что обуславливает образование большего количества репродуктивных органов и семян хорошего качества.

Обработка семян грибами оказывала существенное влияние в дальнейшем и на массу 1000 зерен. Масса 1000 зерен на этих вариантах была выше контроля от 8–10% до 14,8–16,2% (в зависимости от года исследований). И все же интегральным показателем эффективности того или иного агроприема является урожайность.

В 2020 г. обработка семян конидиальной массой *M. robertsii* способствовала увеличению урожайности на 1,96 ц/га (11%) выше контроля (тест Данна, $p = 0,00460$). Урожайность кормовых бобов в 2020 г. была на 8,4–11,2 ц/га ниже прошлогодней, что связано с неблагоприятными метеорологическими условиями (см. табл. 3). Максимальная урожайность 29,27 ц/га зарегистрирована в 2019 г. с применением *M. robertsii*, что на 4,26 ц/га выше контроля (тест Данна, $p = 0,00125$).

Содержание белка в зерне кормовых бобов чаще всего зависит от метеорологических условий. В 2019 г. не отмечено значительного влияния изучаемых штаммов на содержание белка – белковость составила 35,9–36,2%. Жир в семенах кормовых бобов содержался в небольших количествах и так же, как и белковость, практически не зависел от препаратов, применяемых для обра-

Табл. 2. Количество активных клубеньков на корнях кормовых бобов в зависимости от применяемых штаммов, шт./растение

Table 2. The number of active nodules on the roots of fodder beans, depending on the strains used, pcs./plant

Вариант	Фаза развития растений					
	Бутонизация		Цветение		Образование бобов	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Контроль	6,4	1,6	10,4	6,8	5,8	3,2
<i>B. bassiana</i>	–	2,4	–	14,0	–	5,4
<i>M. robertsii</i>	7,4	3,8	12,3	20,3	8,1	4,7

Примечание. *M. robertsii* (Fisher, $p = 0,000005$), *B. bassiana* (Fisher, $p = 0,000085$).

Табл. 3. Урожайность кормовых бобов сорта Сибирские в зависимости от применяемых штаммов, ц/га
Table 3. The yield of fodder beans of the Siberian variety depending on the strains used, c/ha

Вариант	Урожайность		Прибавка к контролю		Сбор в 2019 г.		Сбор в 2020 г.	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	Белок	Жир	Белок	Жир
Контроль	25,01	16,96	—	—	8,9	3,07	5,3	2,17
<i>B. bassiana</i>	—	15,93	—	– 1,03	—	—	4,8	2,15
<i>M. robertsii</i>	29,27	18,92	4,26	1,96	10,47	3,57	5,7	2,45

Примечание. Белок и масличность определяли ИК – анализатором FOSS, Дания. *M. robertsii* (тест Данна, $p = 0,00125$).

ботки семян. Содержание жира в зерне кормовых бобов составило 12,3–12,6%.

В результате проведенных исследований впервые установлено, что обработка семян кормовых бобов энтомопатогенным грибом *M. robertsii* с последующим выращиванием в полевых условиях стимулировало вегетативное развитие растений, способствовало повышению урожайности, устойчивости к некоторым средовым стрессам и оказывало угнетающее действие на фитопатогены в период вегетации в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. Аналогичные тенденции наблюдали после обработки семян штаммом *B. bassiana*, но эти эффекты были слабее. Можно предположить, что энтомопатогены влияют на кормовые бобы прямо (как антагонист) или косвенно (через активацию систем защиты растений). Таким образом, настоящая работа является первым исследованием влияния энтомопатогенных грибов на кормовые бобы, выращиваемые в условиях лесостепной зоны Западной Сибири.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа является первым исследованием влияния энтомопатогенных грибов *Metarhizium robertsii* и *Beauveria bassiana* на кормовые бобы, возделываемые в суровых условиях Сибири. Выявлено, что предпосевная обработка семян конидиями энтомопатогенных грибов *M. robertsii* и *B. bassiana* стимулирует вегетативное развитие растений, способствует повышению урожайности кормовых бобов. Данные эндофиты могут быть использованы для повышения урожайности и борьбы с болезнями на других видах растений семейства бобовых. Полученные данные представляют собой

существенную основу для постановки дальнейших более детальных исследовательских вопросов, направленных на совершенствование знаний об экологической роли эндофитов в природных экосистемах. Для точной оценки способности *Metarhizium robertsii* колонизировать корни растений крайне важно количественно оценить эндофитную ассоциацию, которая может зависеть от факторов окружающей среды, вида растений и локализации в растении, а также от штамма и видовой изменчивости грибов. Эндофитная способность *Metarhizium robertsii* и *Beauveria bassiana* в настоящее время оценивается наряду с использованием в биологическом контроле и потенциально имеет решающее значение для разработки новых и эффективных стратегий их контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Malloch D.W., Pirozynski K.A., Raven P.H. Ecological and evolutionary significance of mycorrhizal symbioses in vascular plants (a review) // Proceedings of the National Academy of sciences of the United States of America. 1980. Vol. 77 (4). P. 2113–2118. DOI: 10.1073/pnas.77.4.2113.
2. Parniske M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses // Nature Reviews Microbiology. 2008. N 6. P. 763–775. DOI: 10.1038/nrmicro1987.
3. Lu Y., Liu X., Chen F., Zhou S. Shifts in plant community composition weaken the negative effect of nitrogen addition on community-level arbuscular mycorrhizal fungi colonization // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2020. Vol. 287 (1927). P. 20200483. DOI: 10.1098/rspb.2020.0483.
4. Kuzyakov Y., Xu X. Competition between roots and microorganisms for nitrogen: mechanisms and ecological relevance // New Phytol.

2013. Vol. 198 (3). P. 656–669. DOI: 10.1111/nph.12235.
5. Bahram M., Hildebrand F., Forslund S.K., Anderson J.L., Soudzilovskaia N.A., Bodegom P.M., Bengtsson-Palme J., Anslan S., Coelho L.P., Harend H., Huerta-Cepas J., Medema M.H., Maltz M.R., Mundra S., Ols-son P.A., Pent M., Pöhlme S., Sunagawa S., Ryberg M., Tedersoo L., Bork P. Structure and function of the global topsoil microbiome // *Nature*. 2018. Vol. 560 (7717). P. 233–237. DOI: 10.1038/s41586-018-0386-6.
 6. Hikosaka K. Leaf canopy as a dynamic system: Ecophysiology and optimality in leaf turnover // *Annals of Botany*. 2005. Vol. 95. P. 521–533. DOI: 10.1093/aob/mci050.
 7. Partida-Martinez L.P., Heil M. The microbe-free plant: factor artifact? // *Front Plant Sci*. 2011. Vol. 2. P. 100. DOI: 10.3389/fpls.2011.00100.
 8. Hu G., St. Leger R.J. (2002) Field Studies Using a Recombinant Mycoinsecticide (Metarhiziumanisopliae) Reveal that It Is Rhizosphere Competent // *Appl Environ Microbiol*. 2002. Vol. 68. P. 6383–6387. DOI: 10.1128/AEM.68.12.6383–6387.2002.
 9. Behie S.W., Zelisko P.M., Bidochka M.J. Endophytic insect-parasitic fungi translocate nitrogen directly from insects to plants // *Science*. 2012. Vol. 336. P. 1576–1577. DOI: 10.1126/science.1222289.
 10. Moonjely S., Barelli L., Bidochka M.J. Insect pathogenic fungi as endophytes // *Advances in Genetics*. 2016. Vol. 94. P. 107–135. DOI: 10.1016/bs.adgen.2015.12.004.
 11. Branine M., Bazzicalupo A., Branco S. Biology and applications of endophytic insect-pathogenic fungi // *PLOS Pathogens*. 2019. Vol. 15 (7). P. 1007831. DOI: 10.1371/journal.ppat.1007831.
 12. Behie S.W., Moreira C.C., Sementchoukova I., Barelli L., Zelisko P.M., Bidochka M.J. Carbon translocation from a plant to an insect-pathogenic endophytic fungus // *Nat Commun*. 2017. Vol. 8. P. 14245. DOI: 10.1038/ncomms14245.
 13. Rosenblueth M., Martinez-Romero E. Bacterial endophytes and their interactions with hosts // *Mol Plant Microbe Interact*. 2006. Vol. 19 (8). P. 827–837. DOI: 10.1094/MPMI-19-0827.
 14. Zinniel D.K., Lambrecht P., Harris N.B., Zhengyu F., Kuczmarski D., Higley P., Ishimaru C.A., Arunakumari A., Barletta R.G., Vidaver A.K. Isolation and characterization of endophytic colonizing bacteria from agronomic crops and prairie plants // *Applied and Environmental Microbiology*. 2002. Vol. 68 (5). P. 2198–2208. DOI: 10.1128/AEM.68.5.2198-2208.2002.
 15. Sun L., Qiu F., Zhang X., Dai X., Dong X., Song W. Endophytic bacterial diversity in rice (*Oryza sativa* L.) roots estimated by 16S rDNA sequence analysis // *Microbial Ecology*. 2008. Vol. 55 (3). P. 415–424. DOI: 10.1007/s00248-007-9287-1.
 16. Pugalenti M., Vadivel V., Siddhuraju P. Alternative food/feed perspectives of an underutilized legume *Mucuna pruriens* var. utilis—a review // *Plant Foods Hum Nutr*. 2005. Vol. 60 (4). P. 201–218. DOI: 10.1007/s11130-005-8620-4.
 17. Tomilova O.G., Shaldyaeva E.M., Kryukova N.A., Pilipova Y.V., Schmidt N.S., Danilov V.P., Kryukov V.Y., Glupov V.V. Entomopathogenic fungi decrease Rhizoctonia disease in potato in field conditions // *Free J Full text*. 2020. Vol. 8. P. 9895. DOI: 10.7717/peerj.9895.
 18. Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. Vol. 4 (1). P. 1–9.

REFERENCES

1. Malloch D.W., Pirozynski K.A., Raven P.H. Ecological and evolutionary significance of mycorrhizal symbioses in vascular plants (a review). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1980, vol. 77 (4), pp. 2113–2118. DOI: 10.1073/pnas.77.4.2113.
2. Parniske M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nature Reviews Microbiology*, 2008. N 6, pp. 763–775. DOI: 10.1038/nrmicro1987.
3. Lu Y., Liu X., Chen F., Zhou S. Shifts in plant community composition weaken the negative effect of nitrogen addition on community-level arbuscular mycorrhizal fungi colonization. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2020, vol. 287 (1927), pp. 20200483. DOI: 10.1098/rspb.2020.0483.
4. Kuzyakov Y., Xu X. Competition between roots and microorganisms for nitrogen: mechanisms and ecological relevance. *New Phytol*, 2013, vol. 198 (3), pp. 656–669. DOI: 10.1111/nph.12235.
5. Bahram M., Hildebrand F., Forslund S.K., Anderson J.L., Soudzilovskaia N.A., Bode-

- gom P.M., Bengtsson-Palme J., Anslan S., Coelho L.P., Harend H., Huerta-Cepas J., Medema M.H., Maltz M.R., Mundra S., Olsson P.A., Pent M., Pölme S., Sunagawa S., Ryberg M., Tedersoo L., Bork P. Structure and function of the global topsoil microbiome. *Nature*, 2018, vol. 560 (7717), pp. 233–237. DOI: 10.1038/s41586-018-0386-6.
6. Hikosaka K. Leaf canopy as a dynamic system: Ecophysiology and optimality in leaf turnover. *Annals of Botany*. 2005, vol. 95, pp. 521–533. DOI: 10.1093/aob/mci050.
7. Partida-Martinez L.P., Heil M. The microbe-free plant: factor artifact? *Front Plant Sci*, 2011, vol. 2, pp. 100. DOI: 10.3389/fpls.2011.00100.
8. Hu G., St. Leger R.J. Field Studies Using a Recombinant Mycoinsecticide (Metarhiziumanisopliae) Reveal that It Is Rhizosphere Competent. *Appl Environ Microbiol*. 2002, vol. 68, pp. 6383–6387. DOI: 10.1128/AEM.68.12.6383-6387.2002.
9. Behie S.W., Zelisko P.M., Bidochka M.J. Endophytic insect-parasitic fungi translocate nitrogen directly from insects to plants. *Science*, 2012, vol. 336, pp. 1576–1577. DOI: 10.1126/science.1222289.
10. Moonjely S., Barelli L., Bidochka M.J. Insect pathogenic fungi as endophytes. *Advances in Genetics*, 2016, vol. 94, pp. 107–135. DOI: 10.1016/bs.adgen.2015.12.004.
11. Branine M., Bazzicalupo A., Branco S. Biology and applications of endophytic insect-pathogenic fungi. *PLOS Pathogens*, 2019, vol. 15 (7), pp. 1007831. DOI: 10.1371/journal.ppat.1007831.
12. Behie S.W., Moreira C.C., Sementchoukova I., Barelli L., Zelisko P.M., Bidochka M.J. Carbon translocation from a plant to an insect-pathogenic endophytic fungus. *Nat Commun*, 2017, vol. 8, pp. 14245. DOI: 10.1038/ncomms14245.
13. Rosenblueth M., Martinez-Romero E. Bacterial endophytes and their interactions with hosts. *Mol Plant Microbe Interact*, 2006, vol. 19 (8), pp. 827–837. DOI: 10.1094/MPMI-19-0827.
14. Zinniel D.K., Lambrecht P., Harris N.B., Zhengyu F., Kuczmarski D., Higley P., Ishimaru S.A., Arunakumari A., Barletta R.G., Vidaver A.K. Isolation and characterization of endophytic colonizing bacteria from agronomic crops and prairie plants. *Applied and Environmental Microbiology*, 2002, vol. 68 (5), pp. 2198–2208. DOI: 10.1128/AEM.68.5.2198-2208.2002.
15. Sun L., Qiu F., Zhang X., Dai X., Dong X., Song W. Endophytic bacterial diversity in rice (*Oryza sativa* L.) roots estimated by 16S rDNA sequence analysis. *Microb Ecol*, 2008, vol. 55 (3), pp. 415–424. DOI: 10.1007/s00248-007-9287-1.
16. Pugalenth M., Vadivel V., Siddhuraju P. Alternative food/feed perspectives of an underutilized legume *Mucuna pruriens* var. utilis-a review. *Plant Foods Hum Nutr*, 2005, vol. 60 (4), pp. 201–218. DOI: 10.1007/s11130-005-8620-4.
17. Tomilova O.G., Shaldyaeva E.M., Kryukova N.A., Pilipova Y.V., Schmidt N.S., Danilov V.P., Kryukov V.Y., Glupov V.V. Entomopathogenic fungi decrease Rhizoctonia disease in potato in field conditions. *Peer J Free Full text*. 2020, vol. 8, pp. 9895. DOI: 10.7717/peerj.9895.
18. Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001, vol. 4 (1), pp. 1–9.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

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

AUTHOR INFORMATION

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

Дата поступления статьи / Received by the editors 25.03.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 28.06.2022
Дата публикации / Published 26.09.2022



АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫБОР АГРОТЕХНОЛОГИЙ И ТРАКТОРНОГО ПАРКА СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЯ: СТРУКТУРА И АЛГОРИТМЫ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ

Альт В.В., (✉)Елкин О.В., Исакова С.П., Савченко О.Ф.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉)e-mail: oleg348@yandex.ru

Рассмотрены вопросы повышения эффективности и конкурентоспособности растениеводческого сельхозпредприятия путем информационного сопровождения производства с применением цифровых технологий. Исследован процесс выбора технологий и технических средств при возделывании зерновых культур. Изучены имеющиеся методы и программные средства, применяемые для решения этих задач. Обоснована целесообразность разработки web-ориентированного программного комплекса автоматизированного выбора агротехнологий и машинно-тракторного парка хозяйства, обеспечивающего учет и оперативную обработку разнообразной информации, характеризующей объективно существующее большое количество факторов, условий и особенностей производства в сельскохозяйственном предприятии. На основе анализа основных научно-методических составляющих технологий возделывания зерновых культур сформирована структурная схема web-приложения. Разработаны алгоритмы программных модулей как составных частей программного комплекса, имеющих общую базу данных и объединенных общим интерфейсом. Реализация программного комплекса в дальнейшем даст возможность автоматизировать процесс формирования годового планирования работ, расчет экономических показателей, позволит провести своевременные необходимые ремонтно-обслуживающие мероприятия для снижения потерь мощности, обусловленных неизбежным ухудшением технического состояния двигателей внутреннего сгорания машинно-тракторного парка в производственных условиях. Разрабатываемый программный комплекс может использоваться при производстве продукции растениеводства в системах поддержки принятия решений, построенных на базе цифровых технологий.

Ключевые слова: выбор технологий, алгоритм, программный комплекс, тракторный парк, диагностирование, энергетическая оценка

AUTOMATED SELECTION OF AGRICULTURAL TECHNOLOGIES AND TRACTOR FLEET OF AN AGRICULTURAL ENTERPRISE: WEB-APPLICATION STRUCTURE AND ALGORITHMS

Alt V.V., (✉)Elkin O.V., Isakova S.P., Savchenko O.F.

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

Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

(✉)e-mail: oleg348@yandex.ru

The issues of increasing efficiency and competitiveness of a crop farming enterprise through information support of production using digital technologies are considered. The process of selecting technologies and technical means in the cultivation of crops is investigated. The available methods and software tools used to solve these problems are studied. The expediency of developing a web-oriented software complex of the automated choice of agricultural technologies and MTF (machine

and tractor fleet), providing accounting and operational processing of a variety of information describing objectively existing large number of factors, conditions and characteristics of production in the agricultural enterprise is substantiated. Based on the analysis of the main scientific and methodological components of cereal crop cultivation technologies, a structural scheme of a web-application is formed. Algorithms for software modules as components of the software package, with a common database and a unified common interface are developed. The implementation of the software package in the future will automate the process of forming an annual work planning, calculation of economic indicators, will allow the timely implementation of the necessary repair and maintenance activities to reduce power losses due to the inevitable deterioration of the technical condition of the ICE of the machine-tractor fleet in production conditions. The software package under development can be used in crop production in decision support systems based on digital technologies.

Keywords: technology selection, algorithm, software package, tractor fleet, diagnostics, energy assessment.

Для цитирования: Альт В.В., Елкин О.В., Исакова С.П., Савченко О.Ф. Автоматизированный выбор агротехнологий и тракторного парка сельхозпредприятия: структура и алгоритмы web-приложения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 107–119. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-12>

For citation: Alt V.V., Elkin O.V., Isakova S.P., Savchenko O.F. Automated selection of agricultural technologies and tractor fleet of an agricultural enterprise: web application structure and algorithms. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 107–119. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-12>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время применение цифровых технологий в аграрном секторе позволяет значительно повысить производительность, сократить затраты и снизить требования к рабочей силе [1, 2]. При этом цифровизация всех сельскохозяйственных систем осуществляется через внедрение инновационных (эмерджентных) технологий (искусственный интеллект, робототехника, интернет вещей, беспилотные летательные аппараты и др.) и новых аппаратных средств, программного обеспечения, мобильных приложений, сенсорных технологий и систем обработки больших данных [3–8].

В России степень внедрения цифровых технологий в различные сектора сельского хозяйства значительно ниже стран-лидеров, например, с применением информационных технологий обрабатывают от 5 до 10% пашни. В странах, наиболее развитых с точки зрения оснащенности сельского хозяйства информационными технологиями (США, Германия, Канада), уровень использования их превышает 30% (в Канаде до 80%) [9–12].

В растениеводстве информационные и цифровые технологии могут быть реализо-

ваны с большой эффективностью, поскольку отвечают по своей специфике характерным особенностям сельскохозяйственного производства, обусловленным значительной территориальной распределенностью производства, многообразием сельскохозяйственных объектов и процессов со сложной динамикой изменения их свойств в процессе производства, необходимостью постоянной оценки текущей ситуации, неоднозначностью алгоритмов принятия стратегических и тактических решений [1, 13].

Не менее существенно обеспечение работоспособности машинно-тракторного парка (МТП) и поддержание нормативных значений энергетических эксплуатационных параметров тракторов (мощности, расхода топлива) при выполнении полевых работ [14, 15]. Например, снижение мощности двигателя внутреннего сгорания (ДВС) трактора на 15% от нормативного значения при выполнении посевных работ приводит к увеличению удельных затрат на 28,4%, что определено путем моделирования на примере посевного агрегата на базе колесного трактора с двигателем мощностью 125 кВт. Известно, что при обеспечении непрерыв-

ного определения фактического состояния МТП возможно выявить скрытые резервы мощности в пределах 6,0–15,6%, расхода топлива – 12,0–18,7% [16]. Очевидна целесообразность оперативного поддержания необходимого уровня энергообеспеченности полевых работ за счет мониторинга энергетических параметров МТП, информационного сопровождения каждой единицы техники в хозяйстве [17–19].

Отсюда следует необходимость разработки гибких алгоритмов и создание программного обеспечения для выбора технологий с применением современных средств автоматизированного проектирования и мониторинга технологического и технического обеспечения на основе всей совокупности данных и знаний в этой предметной области.

Существующие многочисленные разработки в области цифровых технологий и платформенных решений для повышения эффективности производства продукции растениеводства позволяют решать задачи, стоящие перед сельхозтоваропроизводителями во многих областях сопровождения технологий возделывания зерновых культур. В данных разработках применяются различные методы моделирования, информационного поиска, интеллектуального анализа данных, создания экспертных систем, эволюционные вычисления [20–25].

Интерес данных программных продуктов заключается в подходах к выбору технологий. Один из них состоит в сравнении фактического уровня природных и материальных ресурсов предприятия с нормативными, рассчитанными ранее в соответствующих регистрах технологий. Для этого проводится совокупная оценка имеющихся ресурсов, задается функция соответствия агротехнологиям из регистра технологий. Другой подход заключается в использовании комбинации математических (экономико-математическая модель) и графических (график паутины) методов моделирования. Кроме того, в представленных программных продуктах в разной степени учитываются природно-климатические условия сельхозтоваропроизводителя.

В то же время непосредственное применение их в конкретном сельхозпредприятии затруднено из-за большого количества региональных особенностей сельхозпроизводства (почвенно-климатических и производственных), разнообразной номенклатуры МТП с различной степенью износа, отсутствием контроля энергетических эксплуатационных параметров.

Реализация программного комплекса в силу сложности поставленной задачи целесообразна путем разработки совокупности отдельных программных компонент, для чего необходимо определить вклад каждого из них в уже сформированный авторами общий алгоритм работы [26].

Цель исследования – разработать структурную схему web-приложения и алгоритмы выбора агротехнологий и технических средств с учетом особенностей расположения хозяйства и его производственных условий.

Данные алгоритмы и структурная схема войдут в основу программного комплекса (web-приложения) по сопровождению машинных агротехнологий.

Объект исследования – процесс выбора технологий и технических средств при возделывании зерновых культур.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В настоящее время используется несколько методов подбора агротехнологий и оптимизации использования машинно-тракторного парка. При разработке алгоритмов планирования сельскохозяйственных работ по производству зерновых культур и создания программных компонент для web-комплекса использован метод, основанный на оценке условий природно-климатической зоны расположения хозяйства, влияющих на выбор технологии и МТП, а также учете фитосанитарных и производственных условий. Чтобы оценить варианты технологий и технических средств, необходимых для ее выполнения, разработана математическая модель с оценкой вариантов по следующим критериям: расходу горюче-смазочных материалов (ГСМ), количеству механизаторов,

затратам на производство [27]. Чтобы подобрать технологию и технические средства, необходимо указать постоянные и переменные факторы, влияющие на объект исследования. К постоянным факторам в данном исследовании относятся агроклиматическая зона расположения хозяйства, его производственная направленность, конфигурация полей и их площади, состав машинно-тракторного парка хозяйства, культуры, севооборот и др. К переменным факторам относятся агроклиматические характеристики зоны (сумма осадков, температур), сорта культур, необходимость применения средств защиты и удобрений и др. В ходе работы учитывали агротехнологии возделывания зерновых культур Новосибирской области. Основываясь на этих технологиях, разработаны структурная схема программного комплекса и алгоритмы программных модулей для подбора агротехнологий и технических средств для их выполнения. Определено применение информационных технологий, имеющих в своей основе математические алгоритмы и информационные модели, поскольку современное сельское хозяйство ориентируется на точное измерение процессов, происходящих при производстве продукции [28].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения совокупности программных модулей автоматизированного программного комплекса и разработки алгоритмов их работы разработана структурная схема web-приложения, отражающая значимые составляющие рассматриваемого процесса и их связи (см. рис. 1).

В состав структурной схемы входят следующие основные блоки: ввод исходной информации, подбор агротехнологий, подбор техники, энергообеспечение полевых работ, база данных (БД). Важной объединяющей составляющей модели является наличие общей базы данных, в которой содержится разнообразная информация: первичная, справочная, дополнительная, результаты работы и др.

Процесс подбора технологий и технических средств на начальном этапе заключа-

ется в сборе исходной информации о постоянных и переменных факторах и факторах, влияющих на производство, которые необходимы при выборе агротехнологий и тракторного парка сельхозпредприятия для сравнения вариантов и расчета экономических показателей. Среди них индивидуальные для сельхозтоваропроизводителя данные о структуре полей, фитосанитарной обстановке, уровне интенсификации, севооборотах, рабочих, технологиях, технике, имеющейся в хозяйстве.

Процесс определения вариантов технологий с указанием необходимых технологических операций, сроков и кратности их проведения заключается в подборе нескольких вариантов агротехнологий из имеющихся в БД программного комплекса исходя из индивидуальных особенностей зоны расположения сельхозпредприятия.

После выбора сельхозтоваропроизводителем одного из вариантов технологий, предложенных системой на предыдущем этапе, осуществляют подбор вариантов рационального использования МТП, необходимого для ее выполнения. На основе математической модели рассчитывают экономические показатели для оценки полученных на данном этапе вариантов [27]. При этом предусмотрена корректировка состава машинно-тракторного агрегата (МТА) с учетом результатов текущего мониторинга эксплуатационных энергетических параметров МТА, например при достижении параметром предельно-допустимого значения. В результате работы данного блока формируется список техники, нужной для выполнения заданного объема работ в оптимальные агротехнические сроки.

Оценка отклонений энергетических эксплуатационных параметров МТП ДВС от нормальных значений осуществляется на основе мониторинга диагностических сигналов ДВС. При расчете энергетических параметров ДВС (мощности, расхода топлива) применена динамическая модель с использованием тестовых воздействий на двигатель [29].

Все нормативно-технические данные и справочные сведения о культурах, удобрениях

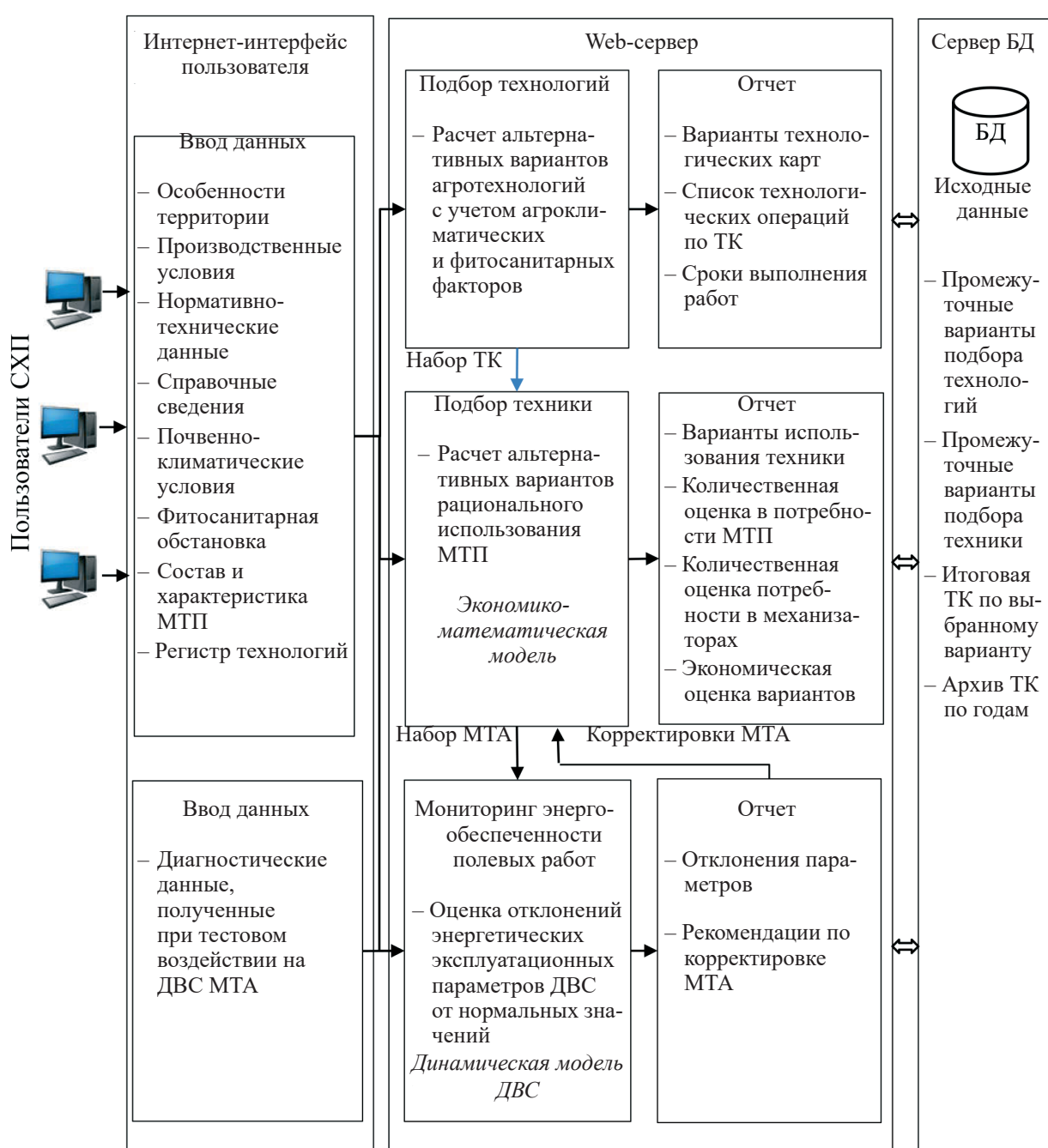


Рис. 1. Структурная схема работы web-приложения для автоматизированного подбора агротехнологий и тракторного парка

Fig. 1. Block diagram of a web application for automated selection of agricultural technologies and tractor fleet

ях, средствах защиты, сельскохозяйственной техники (тракторы и сельхозмашины), видах технологических работ, технологических операциях и их характеристиках, агроклиматических зонах, промежуточных вариантах подбора технологий и технических средств, рассчитанных технологических картах по

выбранному варианту, а также архив по хозяйству по годам хранятся в базе данных.

Разработанный алгоритм модуля по выбору технологий предусматривает возможность применения различных технологий из имеющихся в БД базовых технологий по следующим критериям:

- определению способа обработки почвы с учетом агроклиматических и фитосанитарных условий хозяйства;
- соответствию технологии заданному уровню интенсификации;
- соответствию технологии севооборота;
- применимости технологий в данной природно-климатической зоне с учетом культуры, рельефности и структуры полей;
- определению необходимости и кратности минерального питания;
- определению необходимости и кратности технологических операций по уходу за посевами, формированию севооборота (см. рис. 2).

Алгоритм программного модуля по подбору технических средств предусматривает возможность подбора техники, исходя из конфигурации полей и ширины захвата машинно-тракторного агрегата по следующим критериям (см. рис. 3):

- выполнению заданного объема работ в оптимальные агротехнические сроки;
- минимуму механизаторов;
- минимуму расхода ГСМ;
- возможности использования широкозахватной техники (размер и конфигурация полей);
- расчету минимума прямых затрат и других экономических показателей.

Алгоритм автоматизированного энергетического мониторинга тракторного парка сельхозпредприятия включает (см. рис. 4):

- измерение частоты вращения коленчатого вала при тестовых динамических воздействиях на ДВС;
- синхронизацию измерений с контролем и обеспечением в цикле испытаний необходимого числа полноценных единичных тестовых воздействий;
- построение по данным измерений скоростной и регуляторной динамических характеристик ДВС по мощности и крутящему моменту;
- расчет комплекса диагностических характеристик по скоростной характеристике.

Разработанный алгоритм реализован при создании автоматизированной цифровой технологии энергетического мониторин-

га тракторного парка сельхозпредприятия на основе диагностического устройства «МОТОР-ТЕСТЕР СибФТИ» [30]. Экспериментальная проверка технологии в производственных условиях подтвердила возможность энергетического мониторинга тракторного парка во время полевых работ. Анализ полученных данных мониторинга позволил выполнить оперативные ремонтно-регулирующие воздействия, повысить энергообеспеченность полевых работ, предотвратить перерасход топлива и увеличение затрат, повысить эффективность производства сельхозпродукции.

Тестирование работы алгоритмов проведено на примере хозяйства южно-таежной лесной зоны Новосибирской области при подборе технологий возделывания яровой пшеницы. В результате работы программной компоненты на основе разработанных алгоритмов формируются варианты технологий применительно к природным (аэроландшафтный район, агроэкологическая группа земель) и производственным условиям (культура, предшественник в севообороте, уровень интенсификации). В качестве исходного материала для формирования вариантов служат регистры технологических операций и условия их применения. В результате сформированы два альтернативных варианта технологий с перечнем операций. Данные технологии служат основой для дальнейшего подбора сельскохозяйственной техники и экономической оценки вариантов.

На основе представленных алгоритмов в дальнейшем планируется разработать программный комплекс, который позволит автоматизировать процесс формирования годового планирования работ, расчет экономических показателей, проводить своевременные необходимые ремонтно-обслуживающие мероприятия для снижения потерь мощности, обусловленных неизбежным ухудшением технического состояния ДВС машинно-тракторного парка в производственных условиях. Программный комплекс может использоваться при производстве продукции растениеводства в системах поддержки принятия решений, построенных на базе цифровых технологий.



Рис. 2. Алгоритм программного модуля «Подбор технологий»

Fig. 2. Algorithm of the software module «Selection of technologies»

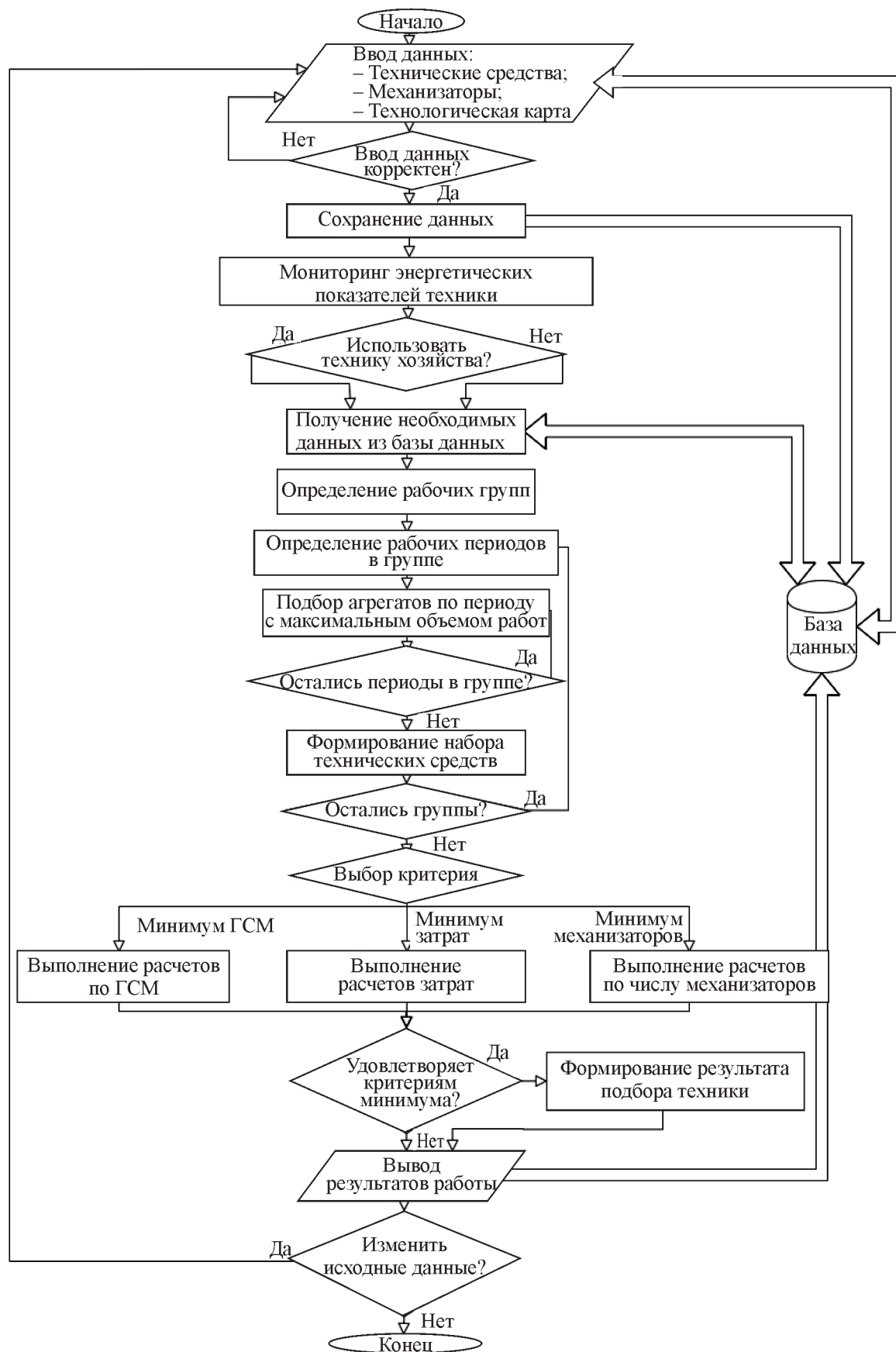


Рис. 3. Алгоритм программного модуля «Подбор техники»

Fig. 3. Algorithm of the software module «Selection of equipment»

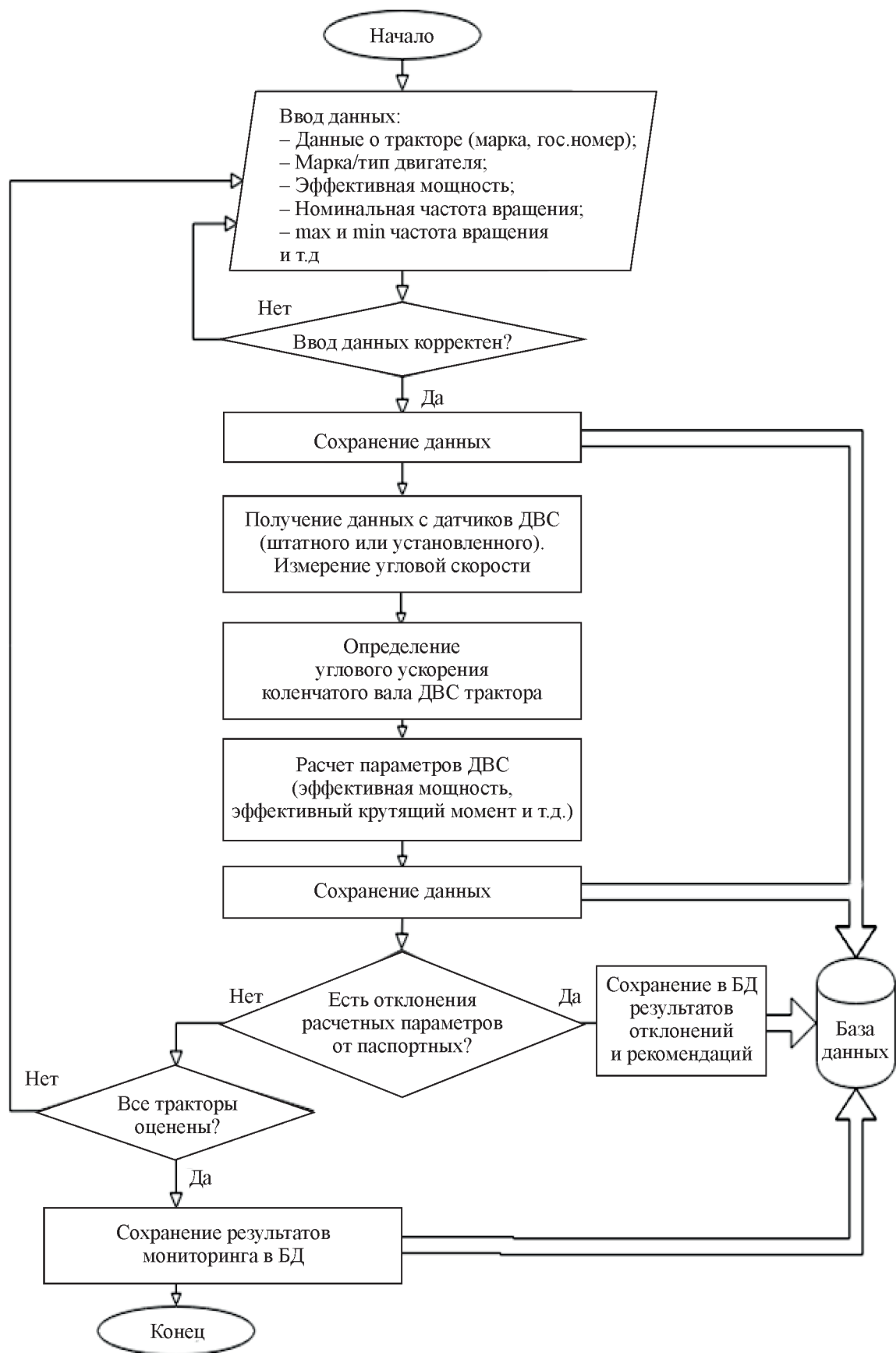


Рис. 4. Алгоритм мониторинга энергетических показателей тракторного парка

Fig. 4. Algorithm for monitoring the energy indicators of the tractor fleet

ВЫВОДЫ

1. Обосновано применение метода графического представления алгоритмов как наиболее адаптивного инструмента для целостного и формализованного описания процесса автоматизированного выбора агротехнологий и технических средств. Разработана структурная схема web-приложения, содержащая блоки исходной информации, подбора технологий и техники, а также энергообеспечения полевых работ на основе мониторинга энергетических параметров машинно-тракторных агрегатов.

2. Разработаны с использованием структурной схемы алгоритмы программных модулей как составных частей программного комплекса, имеющих общую базу данных и объединенным общим интерфейсом.

3. Разработанная структурная схема и алгоритмы программного комплекса позволят в автоматизированном виде осуществлять подбор агротехнологий и машинно-тракторного парка для условий конкретного хозяйства, сократить затраты и повысить эффективность сельскохозяйственного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rose D.C., Wheeler R., Winter M., Lobley M., Chivers Ch.-A. Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet // *Land Use Policy*. 2021. Vol. 100. Article 104933. DOI: 10.1016/j.land use pol.2020.104933.
2. Башилов А.М., Королев В.А. Цифровая трансформация агропредприятий // *Вестник аграрной науки Дона*. 2021. № 3 (55). С. 24–32.
3. Hovhannisyan T., Efendyan P., Vardanyan M. Creation of a digital model of fields with application of DJI phantom 3 drone and the opportunities of its utilization in agriculture // *Annals of Agrarian Science*. 2018. Vol. 16. N 2. P. 177–180. DOI: 10.1016/j.aasci.2018.03.006.
4. Peter W.B. Phillips, Relf-Eckstein J.-A., Jobe G., Wixted B. Configuring the new digital landscape in western Canadian agriculture // *Wageningen Journal of Life Sciences*. 2019. Vol. 90. P. 1–11. DOI: 10.1016/j.njas.2019.04.001.
5. Talaviya T., Shah D., Patel N., Yagnik H., Shah M. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimization of irrigation and

- application of pesticides and herbicides // *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2020. Vol. 4. P. 58–73. DOI: 10.1016/j.aiia.2020.04.002.
6. Jha K., Doshi A., Patel P., Shah M. A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence // *Artificial Intelligence in Agriculture*. 2019. Vol. 2. P. 1–12. DOI: 10.1016/j.aiia.2019.05.004.
 7. Gurfova S.A. Digitalization of agriculture: formation and development // *Экономика и предпринимательство*. 2020. № 3 (116). С. 445–448.
 8. Zhumaxanova K.M., Yessymkhanova Z.K., Yes-senzhigitova R.G., Kaydarova A.T. The current state of agriculture digitalization: problems and ways of solution // *Central Asian Economic Review*. 2019. N 5 (128). С. 144–155.
 9. Rijswijk K., Klerkx L., Turner J.A. Digitalization in the New Zealand Agricultural Knowledge and Innovation System: Initial understandings and emerging organizational responses to digital agriculture // *Wageningen Journal of Life Sciences*. 2019. Vol. 90–91. Is. 1. P. 1–14. DOI: 10.1016/j.njas.2019.100313.
 10. Khondoker A. Perception and adoption of a new agricultural technology: Evidence from a developing country // *Technology in society*. 2018. Vol. 55. P. 126–135.
 11. Yiyen Chen, Ye Li, Cunjin Li. Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: Origin, theory and application // *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 268. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122071.
 12. Труфляк Е.В., Курченко Н.Ю., Креймер А.С. Мониторинг и прогнозирование в области цифрового сельского хозяйства по итогам 2018 г.: монография. Краснодар: Издательство Кубанского государственного аграрного университета, 2019. 100 с.
 13. Измайлов А.Ю., Годжаев З.А., Гришин А.П., Гришин А.А., Дорохов А.А. Цифровое сельское хозяйство (обзор цифровых технологий сельхозназначения) // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. № 2 (31). С. 41–52.
 14. Елизаров В.П., Артюшин А.А., Ценч Ю.С. Перспективные направления развития отечественной сельскохозяйственной техники // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. № 2 (31). С. 12–18.
 15. Тимонин С.Б., Тимонина А.С. Внедрение цифровых технологий в процессы обеспечения оптимального функционирования машинно-тракторного агрегата // *Нива Поволжья*. 2018. № 3. С. 124–132.

16. Старцев А.В., Алушкин Т.Е., Романов С.В., Сторожев И.И. Модель определения эксплуатационных затрат машинно-тракторных агрегатов на посев с учетом продолжительности работ и размеров площадей // Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 1. С. 82–87. DOI: 10.31992/0321-4443-2020-1-82-87.
17. Черноиванов В.И., Габитов И.И., Неговора А.В. Цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники // Технический сервис машин. 2018. № 130. С. 74–81.
18. Дидманидзе О.Н., Дорохов А.С., Катаев Ю.В. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов // Техника и оборудование для села. 2020. № 11 (281). С. 39–43. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-11-39-41.
19. Зубина В.А. Обзор и анализ методов оптимизации и компьютерных программ для повышения эффективности МТП // Вестник аграрной науки Дона. 2018. № 41. С. 26–32.
20. Коковихин С.В., Биднина И.А., Шарий В.А., Червань А.Н., Дробитько А.В. Оптимизация агротехнологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях с использованием информационных технологий // Почвоведение и агрохимия. 2020. № 2 (65). С. 63–71.
21. Бейлис В.М. Оценка материально-технических ресурсов технологий производства сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. № 3. С. 39–44. DOI: 22314/2073-7599-2017-3-39-44.
22. Степных Н.В., Нестерова Е.В., Заргарян А.М. Экономическая оценка технологий выращивания сельскохозяйственных культур с помощью веб-приложения // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1 (33). С. 24–29.
23. Gostev A.V., Pykhtin A.I. Program for the rational choice of highly cost-effective adaptive technology of grain cultivation for various conditions of the European part of the Russian Federation // Journal of Applied Engineering Science. 2020. Vol. 18. N 679. P. 216–221. DOI: 10.5937/jaes18-26312.
24. Ткаченко В.В. Методика многокритериальной комплексной оценки и выбора технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123 (09). С. 1–19.
25. Gümüşcü A., Tenekeci M.E., Bilgili A.V. Estimation of wheat planting date using machine learning algorithms based on available climate data // Sustainable Computing: Informatics and Systems. 2020. Vol. 28. DOI: 10.1016/j.suscom.2019.01.010.
26. Альт В.В., Балушкина Е.А., Исакова С.П. Алгоритм выбора агротехнологий и технических средств при производстве продукции растениеводства // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 4. С. 93–100. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-4-11.
27. Альт В.В., Балушкина Е.А., Исакова С.П. Математическая модель по выбору технологий возделывания зерновых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50. № 2. С. 92–99. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-11.
28. Yadrovskaya M.V. Revisiting computer modeling // Advanced Engineering Research. 2020. N 20 (3). P. 332–345.
29. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н. Принципы разработки компьютерной динамической модели автотракторных ДВС // Вестник НГАУ. 2014. № 2. С. 141–146.
30. Альт В.В., Савченко О.Ф., Елкин О.В. Цифровая технология оценки мощности тракторного парка сельхозпредприятия // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13. № 4. С. 25–31. DOI: 10/22314/2073-7599-2019-13-4-25-31.

REFERENCES

1. Rose D.C., Wheeler R., Winter M., Lobley M., Chivers Ch.-A. Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*, 2021, vol. 100, no article 104933. DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104933. (In Russian).
2. Bashilov A.M., Korolev V.A. Digital transformation of agricultural enterprises. *Vestnik agrarnoi nauki Dona = Don agrarian science bulletin*, 2021, no. 3 (55), pp. 24–32. (In Russian).
3. Hovhannisyan T., Efendyan P., Vardanyan M. Creation of a digital model of fields with application of DJI phantom 3 drone and the opportunities of its utilization in agriculture. *Annals of Agrarian Science*, 2018, vol. 16, no. 2, pp. 177–180. DOI: 10.1016/j.aasci.2018.03.006.
4. Peter W.B. Phillips, Relf-Eckstein J.-A., Jobe G., Wixted B. Configuring the new digital landscape in western Canadian agriculture. *Wa-*

- geningen *Journal of Life Sciences*, 2019, vol. 90, pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.njas.2019.04.001.
5. Talaviya T., Shah D., Patel N., Yagnik H., Shah M. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimization of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2020, vol. 4, pp. 58–73. DOI: 10.1016/j.aiaa.2020.04.002.
6. Jha K., Doshi A., Patel P., Shah M. A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2019, vol. 2, pp. 1–12. DOI: 10.1016/j.aiaa.2019.05.004.
7. Gurfova S.A. Digitalization of agriculture: formation and development. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and entrepreneurship*, 2020, no. 3 (116), pp. 445–448.
8. Zhumaxanova K.M., Yessymkhanova Z.K., Yessenzhigitova R.G., Kaydarova A.T. The current state of agriculture digitalization: problems and ways of solution. *Central Asian Economic Review*, 2019, no. 5 (128), pp. 144–155.
9. Rijswijk K., Klerkx L., Turner J.A. Digitalization in the New Zealand Agricultural Knowledge and Innovation System: Initial understandings and emerging organizational responses to digital agriculture. *Wageningen Journal of Life Sciences*. 2019, vol. 90–91, is. 1, pp. 1–14. DOI: 10.1016/j.njas.2019.100313.
10. Khondoker A. Perception and adoption of a new agricultural technology: Evidence from a developing country. *Technology in society*, 2018, vol. 55, pp. 126–135.
11. Yiyan Chen, Ye Li, Cunjin Li. Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: Origin, theory and application. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 268. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122071.
12. Truflyak E.V., Kurchenko N.Yu., Kreimer A.S. *Monitoring and forecasting in the field of digital agriculture by the end of 2018*. Krasnodar, KubGAU Publ., 2019, 100 p. (In Russian).
13. Izmailov A.Yu., Godzhaev Z.A., Grishin A.P., Grishin A.A., Dorokhov A.A. Digital agriculture (review of digital agricultural technologies). *Innovatsii v sel'skom khozyaistve = Innovations in agriculture*, 2019, no. 2 (31), pp. 41–52. (In Russian).
14. Elizarov V.P., Artyushin A.A., Tsench Yu.S. Perspective directions of development of national agricultural machinery. *Vestnik VIESKh = VIESH Institute Herald*, 2018, no. 2 (31), pp. 12–18. (In Russian).
15. Timonin S.B., Timonina A.S. The introduction of digital technologies in the processes of ensuring the optimal functioning of the machine-tractor unit. *Niva Povolzh'ya = Volga Region Farmland*, 2018, no. 3, pp. 124–132. (In Russian).
16. Startsev A.V., Alushkin T.E., Romanov S.V., Storozhev I.I. A model for determining the operating costs of machine-tractor units for sowing, taking into account the duration of work and the size of the area. *Traktory i sel'khoz mashiny = Tractors and agricultural machinery*, 2020, no. 1, pp. 82–87. (In Russian). DOI: 10.31992/0321-4443-2020-1-82-87.
17. Chernoi vanov V.I., Gabitov I.I., Negovora A.V. Digital technologies and electronic means in the system of technical maintenance and repair tractor and combine harvesters. *Tekhnicheskij servis mashin = Machinery technical service*, 2018, no. 130, pp. 74–81. (In Russian).
18. Didmanidze O.N., Dorokhov A.S., Kataev Yu.V. Trends in the development of digital technologies for diagnosing the technical condition of tractors. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = Machinery and Equipment for Rural Area*, 2020, no. 11 (281), pp. 39–43. (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2020-11-39-41.
19. Zubina V.A. Review and analysis of optimization methods and computer programs to improve the efficiency of MTF. *Vestnik agrarnoi nauki Dona = Don agrarian science bulletin*, 2018, no. 41, pp. 26–32. (In Russian).
20. Kokovikhin S.V., Bidnina I.A., Sharii V.A., Chervan' A.N., Drobit'ko A.V. Optimization of agro-technological process of cultivation of agricultural crops on irrigated lands with the use of information technology. *Pochvovedenie i agrokhimiya = Soil Science and Agrochemistry*, 2020, no. 2 (65), pp. 63–71. (In Russian).
21. Beilis V.M. Assessment of material and technical resources of crop production technologies. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii = Agricultural machinery and technologies*, 2017, no. 3, pp. 39–44. (In Russian). DOI: 22314/2073-7599-2017-3-39-44.
22. Stepnykh N.V., Nesterova E.V., Zargaryan A.M. Economic evaluation of growing technologies of agricultural crops using a web application. *Vestnik kurganskoi GSKhA = Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*, 2020, no. 1 (33), pp. 24–29. (In Russian).

23. Gostev A.V., Pykhtin A.I. Program for the rational choice of highly cost-effective adaptive technology of grain cultivation for various conditions of the European part of the Russian Federation. *Journal of Applied Engineering Science*, 2020, vol. 18, no. 679, pp. 216–221. DOI: 10.5937/jaes18-26312.
24. Tkachenko V.V. Methods of multicriterial comprehensive assessment and selection of the technology for growing crops. *Nauchnyi zhurnal KubGAU = Scientific Journal of KubSAU*, 2016, no. 123 (09), pp. 1–19. (In Russian).
25. Gümüşcü A., Tenekeci M.E., Bilgili A.V. Estimation of wheat planting date using machine learning algorithms based on available climate data. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 2020, vol. 28. DOI: 10.1016/j.suscom.2019.01.010.
26. Al't V.V., Balushkina E.A. Isakova S.P. Algorithm for choosing agrotechnologies and technical means in the production of crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 4, pp. 93–100. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2021-4-11.
27. Al't V.V., Balushkina E.A. Isakova S.P. Mathematical model for choosing grain crops cultivation technologies. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 2, pp. 92–99. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-11.
28. Yarovskaya M.V. Revisiting computer modeling. *Advanced Engineering Research*, 2020, no. 20 (3), pp. 332–345.
29. Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Ol'shevskii S.N. Principles to design a computer dynamic model of autotractor ICE. *Vestnik NSAU = Bulletin of NSAU*, 2014, no. 2, pp. 141–146. (In Russian).
30. Al't V.V., Savchenko O.F., Elkin O.V. Digital technology of assessment the power capacity of tractor fleet of an agricultural enterprise. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii = Agricultural machinery and technologies*, 2019, vol. 13, no. 4, pp. 25–31. (In Russian). DOI: 10/22314/2073-7599-2019-13-4-25-31.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Альт В.В., доктор технических наук, академик РАН, профессор

✉ **Елкин О.В.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: oleg348@yandex.ru

Исакова С.П., старший научный сотрудник

Савченко О.Ф., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Victor V. Alt, Doctor of Science in Engineering, Academician RAS, Professor

✉ **Oleg V. Elkin**, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: oleg348@yandex.ru

Svetlana P. Isakova, Senior Researcher

Oleg F. Savchenko, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 29.03.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 30.05.2022

Дата публикации / Published 26.09.2022

ОЦЕНКА БОКОВОГО ОТКЛОНЕНИЯ КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ ОТ ЗАДАННОЙ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ

✉ **Беляев А.Н., Шацкий В.П., Гулевский В.А., Тришина Т.В.**

Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I

Воронеж, Россия

✉ e-mail: aifkm_belyaev@mail.ru

Колесная машина при криволинейном движении всегда находится под действием боковой силы и вследствие бокового увода отклоняется от заданной траектории движения. Известные методы и способы изучения криволинейного движения колесной машины, особенно при неустановившихся режимах, на высоких скоростях и с малыми радиусами поворота, дают достоверную информацию лишь для ограниченных условий эксплуатации машины на твердом опорном основании. Предложена методика расчета бокового отклонения колесной машины при движении по деформируемому основанию от теоретической криволинейной траектории как разность между действительным минимальным и теоретическим минимальным радиусами поворота. Данная методика представляет ее как единый объект, а не описывает ввиду сложности качение отдельного колеса. При этом исключен трудоемкий и материально затратный процесс определения эмпирических коэффициентов и зависимостей. При аналитических исследованиях кривых траекторий использованы экспериментальные данные и описание этих траекторий методом нелинейной аппроксимации кусочно-гладкой функцией. Получена действительная аналитическая траектория путем сдвига теоретической траектории и минимального теоретического радиуса на величину бокового отклонения. Представленная методика аналитического описания действительной траектории криволинейного движения колесной машины по деформируемому опорному основанию с использованием экспериментальных данных и нелинейной аппроксимации их кусочно-гладкой функцией, а также методика определения ее бокового отклонения с учетом изменения расчетной и экспериментальной траекторий позволяют достаточно точно описать различные режимы неустановившегося движения по фактической траектории и решать необходимые для рационального использования колесных машин задачи по оптимизации их конструктивных свойств и эксплуатационных качеств.

Ключевые слова: боковое отклонение, колесная машина, траектория, поворот, аппроксимация

EVALUATION OF THE LATERAL DEVIATION OF A WHEELED VEHICLE FROM A GIVEN TRAJECTORY

✉ **Belyaev A.N., Shatsky V.P., Gulevsky V.A., Trishina T.V.**

Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter I

Voronezh, Russia

✉ e-mail: aifkm_belyaev@mail.ru

A wheeled machine in a curved movement is always under the action of a lateral force and deviates from the set trajectory due to lateral guidance. Well-known methods and ways of studying the curvilinear motion of a wheeled machine, especially in unsteady modes, at high speeds and with small turning radii, provide reliable information only for limited conditions of machine operation on a solid support base. A methodology for calculating the lateral deviation of a wheeled machine when driving on a deformable base from a theoretical curvilinear trajectory as the difference between the actual minimum and theoretical minimum turning radii is proposed. This methodology presents it as a single object, rather than describing the rolling of an individual wheel due to its complexity. This eliminates the time-consuming and materially expensive process of determining empirical coefficients and dependencies. The analytical studies of the trajectory curves used experimental data and the description of these trajectories by the method of nonlinear approximation of the piecewise-smooth function. The actual analytical trajectory is obtained by shifting the theoretical trajectory and the minimum theoretical radius by the amount of lateral deviation. The proposed method of analytical description of the actual trajectory of the curvilinear motion of a wheeled machine on a

deformable support base using experimental data and nonlinear approximation of their piecewise smooth function, as well as the method of determining its lateral deviation with the changes in the calculated and experimental trajectories allow to accurately describe various regimes of unsteady motion along the actual trajectory and solve the problems necessary to rationally use wheeled machines to optimize their design properties and performance.

Keywords: lateral deviation, wheeled vehicle, trajectory, turn, approximation

Для цитирования: Беляев А.Н., Шацкий В.П., Гулевский В.А., Тришина Т.В. Оценка бокового отклонения колесной машины от заданной траектории движения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 120–128. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-13>

For citation: Belyaev A.N., Shatsky V.P., Gulevsky V.A., Trishina T.V. Evaluation of the lateral deviation of a wheeled vehicle from a given trajectory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 120–128. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-13>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Колесная машина при криволинейном движении всегда находится под действием боковой силы и вследствие бокового увода отклоняется от заданной траектории движения. При этом часто углы бокового увода соизмеримы даже с углами поворота управляемых колес, что негативно влияет на некоторые ее кинематические и динамические характеристики, а также ухудшает многие эксплуатационные свойства [1].

С момента открытия в 1925 г. французским механиком Дж. Брулье явления бокового увода эластичной шины [2, 3] разработано множество теорий, описывающих его. В основе большинства данных теорий лежит процесс качения колеса по тому или иному опорному основанию без проскальзывания. Однако известно, что на рыхлом грунте причиной дополнительного бокового увода могут быть скольжение контакта шины колеса в поперечном направлении, боковая деформация и сдвиг грунта. Даже незначительные для конкретных условий функционирования объекта по величине боковые силы, как показывают экспериментальные исследования, вызывают проскальзывание колеса, которое совместно с упругой деформацией пневматической шины, сдвигают в поперечном направлении его обод относительно опорной площадки. При этом и сама контактная площадка перемещается вбок относительно опорного основания вслед-

ствие ее деформации [4–7]. Также эффективному применению большинства теорий бокового увода, особенно при криволинейном движении, препятствуют допущения об установившемся режиме движения колес, о равнозначности условий их качения, об однородности грунта и постоянности его физико-механических свойств.

Вследствие указанных причин известные методы и способы исследования движения колесной машины по криволинейной траектории, особенно при неустановившихся режимах, на рабочих скоростях и с малыми радиусами поворота, несмотря на некоторое соответствие аналитических и экспериментальных данных [8], имеют ряд недостатков, например:

- сложно экспериментально определить при различных условиях движения эмпирические коэффициенты, входящие в расчетные формулы;
- полученные аналитические зависимости, как правило, громоздки, не дают полной и достоверной информации при анализе исследуемого процесса, не позволяют описать реальный характер контакта пневматического колеса с почвой;
- практическая точность расчетов достигается в основном для ограниченных условий функционирования машины, включающих в том числе небольшие углы поворота колес и низкие скорости движения;
- не исследовано влияние изменения времени маневра и угла поворота управляемых

колес на вид и форму траектории движения различных точек машины;

– не учитывается боковое скольжение колес машины.

Необходимость проведения дальнейших экспериментальных исследований и теоретического описания процесса криволинейного движения по деформируемому основанию связана с тем, что боковой увод нарушает связь между направлением движения колесной машины и траекторией ее точек, что является причиной ухудшения устойчивости движения и управляемости в достаточно сложных условиях функционирования [9–11].

Отсюда следует вывод о необходимости разработки методики расчета бокового отклонения от фактической траектории при повороте на деформируемом основании, которая описывает колесную машину как единый объект, а не качение каждого колеса ввиду неоднозначности процессов, происходящих при этом. Необходимо также минимизировать или совсем исключить эмпирические коэффициенты и зависимости из-за высокой трудоемкости и больших материальных затрат при их определении, поскольку для этого нужно проведение экспериментальных исследований бокового увода всех применяемых типоразмеров шин, используемых при эксплуатации машины, при их качении в различных почвенных условиях.

Цель исследования – обосновать и разработать методику определения бокового отклонения от требуемой (теоретической) траектории при криволинейном движении колесной машины по деформируемому основанию.

Задачи исследования:

– экспериментальное определение координат действительной траектории движения трактора по деформируемому основанию;

– разработка методики ее аналитического представления;

– установление закономерностей изменения теоретической и действительной кривых траекторий поворота на различных его участках.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Актуальность поставленных задач наиболее очевидна для универсально-пропашных тракторов, у которых при выполнении сельскохозяйственных операций значительная часть времени рабочего цикла приходится на поворот, особенно на многоконтурных полях малых и средних размеров. При этом, как правило, трактор проходит следующие стадии поворота [12]: вход в поворот, установившийся поворот, выход из поворота. Очевидно, чтобы понять особенности криволинейного движения колесного трактора, необходимо исследовать его поведение на всех указанных этапах поворота.

Наиболее существенное боковое скольжение колесной машины происходит при входе в поворот, где сцепление колеса с почвой резко уменьшается, особенно с увеличением скорости движения. Вследствие разрушения колесом слоя почвы, находящегося в контакте, наблюдается одновременно с качением более интенсивное проскальзывание, в том числе в направлении оси трактора, т.е. возникает так называемый бульдозерный эффект [1, 12]. На этом участке поворота переменны и поступательная скорость движения машины, и угол поворота ее управляемых колес. Однако именно здесь формируется вид и характер изменения траектории на участке установившегося поворота, где стабилизируются указанные кинематические характеристики. Исследования движения эластичного колеса по деформируемому основанию при входе в поворот не проводилось. Теоретически полученные результаты без учета бокового увода и скольжения колес [13, 14] дают лишь возможность проводить оценку и сравнение различных типов колесных машин с изменением конструктивных и эксплуатационных параметров на стадии проектирования и имеют при этом достаточно большие расхождения с экспериментальными [1, 3, 8].

Анализ графиков изменения во времени частот вращения колес и крутящих моментов на колесах трактора при экспериментальном изучении криволинейного движения показал: характер их протекания

свидетельствует об ужесточении динамических процессов, что существенно ухудшает управляемость и устойчивость, вызывает боковое скольжение машины, способствует срыву почвенного слоя¹. Это также подтверждает вывод о том, что единый механико-математический аппарат для описания процесса качения каждого колеса в данном случае применять некорректно.

Элементы кругового беспетлевого поворота присутствуют в любом способе движения колесной машины. В связи с этим именно он является предметом настоящих исследований при выполнении его водителем в условиях реальной эксплуатации в отличие от методик испытаний при движении по заданной разметкой траектории и с закрепленным рулевым управлением [15].

Для определения координат точек действительной кривой траектории движения на опытных полях УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ проведены экспериментальные исследования криволинейного движения универсально-пропашного колесного трактора класса 2 ЛТЗ-155 со всеми управляемыми и ведущими колесами и навесного машинно-тракторного агрегата на его базе. Предварительная подготовка почвы к испытаниям заключалась в выборе с помощью нивелира ровного, без явно выраженного микрорельефа горизонтального участка, который обрабатывали с целью получения свойств поверхности, соответствующего фону «поле, подготовленное под посев». Тип почвы – выщелоченный чернозем; ее исходные физико-механические характеристики определены контрольными замерами на основном участке поля и на поворотных полосах (см. таблицу).

Сущность предлагаемой методики заключается в следующем. Трактор или навесной агрегат на его базе устанавливали на выбранном участке поля. Отдельные повороты-заезды осуществлялись после разгона по прямой с последующим равномерным вращением рулевого колеса до упора направляющих колес (вправо или влево) – участок

«вход в поворот». Затем на участке установившегося поворота происходило движение по дуге окружности постоянной кривизны с тем, чтобы продольная ось трактора повернулась на угол 180 град. от первоначального положения на участке разгона и вращением рулевого колеса в обратную сторону (выход из поворота) с целью выхода на прямолинейное движение.

Поворот как влево, так и вправо позволяет получить наиболее достоверные результаты, так как учитывает кинематическое отличие правого и левого поворотов трактора, а также продольный и поперечный уклон поля. Варьировались поступательная скорость движения трактора и угловая скорость поворота управляемых колес. Испытания проводили для одиночного трактора и навесного МТА различной комплектации.

В процессе испытаний регистрировали и записывали на ленту осциллографа следующие параметры: время опыта, частоту вращения путеизмерительного колеса, углы

Показатели влажности, твердости и плотности почвы опытного участка
Indicators of moisture, hardness and density of the soil

Показатель	На поворотной полосе	На основном массиве
<i>Влажность почвы (W, %) в слоях, см</i>		
0–10	15,5	18,4
10–20	19,9	22,3
20–30	20,5	22,4
<i>Плотность почвы (ρ, г/см³) в слоях, см</i>		
0–10	1,103	0,961
10–20	1,241	1,052
20–30	1,485	1,328
0–30	1,276	1,114
<i>Твердость почвы (T, МПа) на глубине, см</i>		
5	0,64	0,60
10	0,79	0,82
15	0,92	0,86
20	1,14	1,10
25	1,54	1,33
0–25	1,006	0,942

¹Беляев А.Н. Повышение эффективности работы машинно-тракторных агрегатов на базе интегральных универсально-пропашных колесных тракторов: дис. ... д-ра техн. наук. Мичуринск-наукоград, 2019. 440 с.

поворотов колес, курсовой угол движения, путь, поступательную скорость движения.

Мгновенный радиус кривизны траектории кинематического центра трактора определялся по выражению

$$R_i = \frac{l_{\text{tpi}}}{\beta_i},$$

где l_{tpi} – путь за время поворота остова трактора на курсовой угол β_i , м.

По текущим значениям l_{tpi} , R_i , β_i расчетом определялись абсциссы x_i и ординаты y_i траектории кинематического центра трактора.

В качестве усиливающей аппаратуры использованы преобразователь ПФ-6, в качестве преобразующей для регистрации сигналов – осциллограф К-12-22. Определение пути, пройденного агрегатом за время опыта, производили путеизмерительным колесом, оборудованным индукционным датчиком. Курсовой угол поворота продольной оси трактора измеряли с помощью аппаратуры, в состав которой входили гиropolукомпас ГПК-52 с преобразователем питающего напряжения ПАГ-125 и пульт управления ПУ-25. Углы поворота направляющих колес оценивали реохордными датчиками, установленными на ступицах переднего и заднего колеса трактора. Продолжительность опытов контролировали по меткам, оставленным на ленте осциллографа электродами ЭЧ-62.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Один из вариантов экспериментально полученных абсцисс (x) и ординат (y) кругового беспетлевого поворота при поступательной скорости движения $v = 1,67$ м/с, угловой скорости поворота передних управляемых колес $\omega_1 = 0,28$ 1/с, колее $B = 1,8$ м, продольной базе $L = 2,6$ м для одиночного трактора приведены на рис. 1, где точками отмечены собственно экспериментальные значения x и y траектории кривой поворота, а цифрой 1 обозначена кривая, являющаяся результатом нелинейной аппроксимации функцией

явного вида указанных экспериментальных данных^{2,3} с погрешностью $2 \cdot 10^{-3}$ м [12, 16]

$$y(x) = 4,75x^{0,27} - 0,06x^2 + 0,3x. \quad (1)$$

Следует отметить, что экспериментальные точки приведены для участка входа в поворот и части участка установившегося поворота, хотя экспериментальные исследования по определению траектории выполнялись на всех этапах поворота, но на рис. 1 точками отмечены результаты до поворота остова машины на 90 град. от исходной прямой траектории движения, так как для оставшихся правых участков считаем кривую траектории поворота идентичной соответствующим левым участкам.

Радиус кривизны любой кривой, имеющий вид (см. сноску 3)

$$\rho(x) = [1 + y'(x)^2]^{1,5} / y''(x), \quad (2)$$

для функции траектории (1) вычисляется согласно выражению (см. сноску 2)

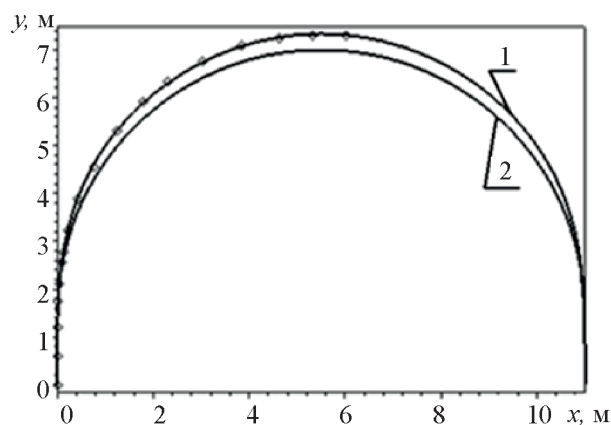


Рис. 1. Траектории поворота трактора:

◇ – экспериментальные точки траектории поворота;
1 – график аппроксимирующей функции экспериментальных точек траектории поворота;
2 – график теоретической функции траектории поворота

Fig. 1. Tractor turning trajectories:

◇ – experimental points of the turning trajectory;
1 – graph of the approximating function of the experimental points of the turning trajectory;
2 – graph of the theoretical function of the turning trajectory

²Дьяконов В.П. Maple 10/11/12/13/14 в математических расчетах. М.: ДМК-Пресс, 2011. 800 с.

³Дьяконов В.П. Энциклопедия компьютерной алгебры. М.: ДМК-Пресс, 2009. 1264 с.

$$\rho(x) = [1 + (1,282/x^{0,73} - 0,12x + 0,3)^2]^{1,5} / (-0,936/x^{1,73} - 0,12), \quad (3)$$

график которого изображен на рис. 2.

Средний радиус кривизны функции согласно (2) вычисляется по формуле (см. сноску 3)

$$\rho_{sr} = \frac{1}{l} \int_0^l \rho(x) dx, \quad (4)$$

где l – длина участка осреднения.

При анализе функции (1) с учетом (3) и (4) получен ее средний радиус кривизны $\rho = 5,48$ м (см. рис. 2).

Для описания теоретической кривой траектории, соответствующей идентичным исходно-начальным параметрам экспериментальным условиям, используем кусочно-гладкую функцию $y = f(x)$ вида (см. сноску 2)

$$f(x) = \begin{cases} p(v)x^q, & x \leq x_Q, \\ \sqrt{R_T^2 - \left(x - x_Q - \frac{R_T p(v) q \cdot x_Q^{q-1}}{\sqrt{1 + (p(v) q \cdot x_Q^{q-1})^2}} \right)^2} + p(v) \cdot x_Q^q - \frac{R_T}{\sqrt{1 + (p(v) q \cdot x_Q^{q-1})^2}}, & x > x_Q, \end{cases} \quad (5)$$

где p и q – вполне определенные постоянные, $0 < q < 1$; v – поступательная скорость движения машины, м/с; R_T – теоретический минимальный радиус поворота, м; x – текущая абсцисса кривой траектории поворота, м; x_Q – абсцисса кривой траектории поворо-

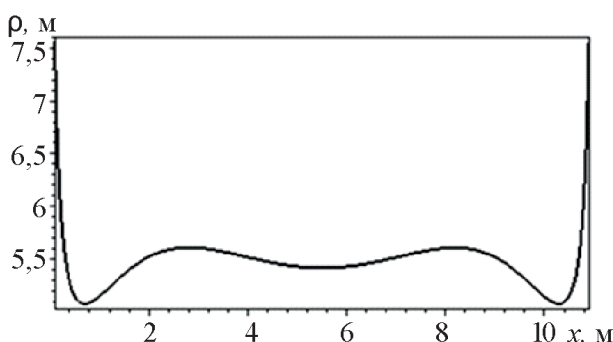


Рис. 2. График радиуса кривизны аппроксимирующей функции экспериментальных точек траектории поворота

Fig. 2. Graph of the radius of curvature of the approximating function of the experimental points of the rotation trajectory

та, соответствующая концу участка входа в поворот, м.

Ввиду бокового увода и скольжения трактора теоретическая кривая (4) располагается ниже опытных точек и их функции.

Теоретическая функция (см. рис. 1, кривая 2) подвергается корректировке, заключающейся в том, что ординаты ее точек на участке входа в поворот сдвигаются на некоторую положительную величину, и на это же значение увеличивается теоретический минимальный радиус установившегося участка поворота.

Так как указанное смещение для рассматриваемого случая составляет 0,4 м, то функция (5) примет следующий вид (см. сноску 2)

$$y(x) = \begin{cases} 4,45 \cdot x^{0,333} + 0,4, & x > 0,25 \\ \sqrt{29,8 - (x - 5,25)^2} + 1,9, & x > 0,25 \end{cases} \quad (6)$$

При этом установлено, что величина сдвига практически равна разнице между экспериментальным минимальным радиусом поворота – 5,48 м (см. рис. 2) и теоретическим минимальным радиусом поворота – 5,061 м. График функции (6) практически совпал с кривой 1 на рис. 1 ввиду того, что действительный теоретический и экспериментальный радиусы поворота отличаются на 0,019 м, или 0,35%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Имея теоретическую траекторию движения и величину бокового отклонения (сдвига) с очень высокой степенью точности получаем действительную, близкую к фактической траекторию, определив экспериментально лишь величину действительного минимального радиуса поворота. При этом для получения действительной аналитической траектории и апробации предлагаемой методики определения бокового отклонения колесной машины необходимо вычислить величину бокового сдвига, которая является разностью между действительным минимальным и теоретическим минимальным радиусами поворота. Поскольку при этом

выявлены некоторые закономерности зависимости величин бокового отклонения от скорости движения, то вполне вероятно его получение аналитическим путем, что является предметом отдельных исследований.

С помощью аналитической действительной траектории возможно исследовать движение колесной машины по заданной траектории с использованием формул прямого расчета, что является более простой и менее трудоемкой операцией в сравнении с математическим моделированием сложного и неоднозначного процесса [2, 6, 7]. В результате математического моделирования также приходится делать множество упрощений и допущений, что снижает точность результатов и нередко приводит к адекватным решениям лишь в частных случаях.

Так как устойчивость движения большинства колесных машин определяет качество выполняемых технологических операций, то для обеспечения оптимальных критериев протекания процесса необходимо определение диапазонов скоростей их движения. Проведенные исследования позволяют также разработать метод расчета, способствующий повышению качества технологического процесса как путем улучшения конструкций машин, так и путем выбора оптимальных эксплуатационных характеристик. В результате исследования движения по известной траектории возможно установить для различных условий и разных колесных машин ограничения на величины возможных внешних возмущений и изменений внутренних свойств системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Трояновская И.П.* Механика криволинейного движения тракторных агрегатов: монография. Челябинск: Издательство Челябинского ГАУ. 2009. 152 с.
2. *Носков Н.К., Трояновская И.П., Титов С.А.* Математическая модель силового взаимодействия колеса с грунтом при повороте машины // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2017. Т. 17. № 3. С. 5–15. DOI: 10.14529/engin170301.
3. *Трояновская И.П.* Анализ развития теорий поворота колесных машин // Вестник машиностроения. 2010. № 1. С. 92–96.
4. *Вольская Н.С., Игнатушин А.П.* Модель поворота многоосной колесной машины на грунте // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2005. № 4. С. 81–91.
5. *Жилейкин М.М.* Исследование автоколебательных процессов в зоне взаимодействия эластичной шины с твердым опорным основанием // Известия высших учебных заведений. Сер. «Машиностроение». 2021. № 10. С. 3–15.
6. *Носков Н.К., Позин Б.М., Трояновская И.П.* Математическая модель бокового увода трактора // Известия МГТУ «МАМИ». 2017. № 1 (31). С. 35–39.
7. *Шухман С.Б., Соловьев В.И.* Математическая модель криволинейного движения колеса по грунту // Известия высших учебных заведений. Сер. «Машиностроение». 2012. № 8. С. 24–31.
8. *Трояновская И.П.* Ошибки при описании силового взаимодействия колеса с грунтом на повороте // Автомобильная промышленность. 2009. № 8. С. 17–19.
9. *Жилейкин М.М.* Исследование автоколебательных процессов в зоне взаимодействия эластичной шины с твердым опорным основанием // Известия высших учебных заведений. Сер. «Машиностроение». 2021. № 10. С. 3–15.
10. *Жилейкин М.М., Скотников Г.И.* Разработка принципов повышения устойчивости движения многосвязных тракторных поездов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2015. № 10. С. 19–23.
11. *Жилейкин М.М., Шинкаренко В.А.* Качественный анализ методов повышения управляемости и устойчивости колесных машин // Известия высших учебных заведений. Сер. «Машиностроение». 2015. № 1. С. 42–48.
12. *Беляев А.Н., Шацкий В.П., Тришина Т.В., Шередекин В.В., Высоцкая И.А.* Оценка эффективности применения комбинированного способа поворота трактора // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13. № 2 (65). С. 39–48. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.2.39.
13. *Гладов Г.И.* Параметры криволинейного движения специальных транспортных средств // Автомобильная промышленность. 2017. № 5. С. 22–23.
14. *Шумилин А.В., Володин А.Н.* Метод определения характеристик поворота транспортного средства на недеформируемом осно-

- вании // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1993. № 8. С. 17–19.
15. Амосов А.Г. Алгоритм построения геометрии движения специальных транспортных средств // Программные системы и вычислительные методы. 2019. № 4. С. 20–29. DOI: 10.7256/2454-0714/2019/4/30842.
 16. Сиротин П.В., Жилейкин М.М. Исследование динамики движения зерно- и кормоуборочных комбайнов методами математического и имитационного моделирования // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2019. № 1. С. 53–59.
- ## REFERENCES
1. Troyanovskaya I.P. Mechanics of curvilinear motion of tractor units. Chelyabinsk: Chelyabinsk State Agrarian University Publishers. 2009. 152 p. (In Russian).
 2. Noskov N.K., Troyanovskaya I.P., Titov S.A. Mathematical model of force interactions wheel ground when the machine turns. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the South Ural State University*, 2017, vol. 17, no. 3, pp. 5–15. (In Russian). DOI: 10.14529/engin170301.
 3. Troyanovskaya I.P. Analysis of development of swivel theory of the wheel machines. *Vestnik mashinostroeniya = Russian Engineering Research*, 2010, no. 1, pp. 92–96. (In Russian).
 4. Vol'skaya N.S., Ignatushin A.P. Model of multi-axle wheeled vehicle turning on the ground. *Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. Ser. «Mashinostroyeniye» = Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Mechanical Engineering*, 2005, no. 4, pp. 81–91. (In Russian).
 5. Zhileikin M.M. Research of self-oscillating processes in the zone of interaction of an elastic tire with a solid support base. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Ser. «Mashinostroyeniye» = BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2021, no. 10, pp. 3–15. (In Russian).
 6. Noskov N.K., Pozin B.M., Troyanovskaya I.P. Mathematical model of the lateral traction of the tractor. *Izvestiya MGTU «MAMI» = Izvestiya MGTU «MAMI»*, 2017, no. 1 (31), pp. 35–39. (In Russian).
 7. Shukhman S.B., Solov'ev V.I. Mathematical model of curvilinear motion of wheels on the ground. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Ser. «Mashinostroyeniye» = BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2012, no. 8, pp. 24–31. (In Russian).
 8. Troyanovskaya I.P. Errors in the description of the force interaction of the wheel with the ground on a turn. *Avtomobil'naya promyshlennost' = Car Industry*, 2009, no. 8, pp. 17–19. (In Russian).
 9. Zhileikin M.M. Research of self-oscillating processes in the zone of interaction of an elastic tire with a solid support base. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Ser. «Mashinostroyeniye» = BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2021, no. 10, pp. 3–15. (In Russian).
 10. Zhileikin M.M., Skotnikov G.I. Development of principles for improvement of motion stability of multi-unit tractor trains. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny = Tractors and Agricultural Machinery*, 2015, no. 10, pp. 19–23. (In Russian).
 11. Zhileikin M.M., Shinkarenko V.A. Qualitative analysis of the methods of improving the controllability and stability of wheeled vehicles. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Ser. «Mashinostroyeniye» = BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2015, no. 1, pp. 42–48. (In Russian).
 12. Belyaev A.N., V.P. Shatskii, T.V. Trishina, Sheredekin V.V., Vysotskaya I.A. Assessment of feasibility of the combined method of the tractor steering motion. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*, 2020, vol. 13, no. 2 (65), pp. 39–48. (In Russian). DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.2.39.
 13. Gladov G.I. Parameters of curvilinear movement of special vehicles. *Avtomobil'naya promyshlennost' = Car industry*, 2017, no. 5, pp. 22–23. (In Russian).
 14. Shumilin A.V., Volodin A.N. Method for determining the characteristics of vehicle turning on a non-deformable base. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny = Tractors and Agricultural Machinery*, 1993, no. 8, pp. 17–19. (In Russian).
 15. Amosov A.G. Algorithm for constructing the geometry of movement of special vehicles. *Programmnye sistemy i vychislitel'nye metody = Software systems and computational methods*, 2019, no. 4, pp. 20–29. (In Russian). DOI: 10.7256/2454-0714/2019/4/30842.
 16. Sirotnin P.V., Zhileikin M.M. Research of dynamics of movement of grain and forage harvesters by methods of mathematical and imitating modeling. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny = Tractors and Agricultural Machinery*, 2019, no. 1, pp. 53–59. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Беляев А.Н.**, доктор технических наук, заведующий кафедрой; **адрес для переписки:** Россия, 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1; e-mail: aifkm_belyaev@mail.ru

Шацкий В.П., доктор технических наук, заведующий кафедрой

Гулевский В.А., доктор технических наук, профессор

Тришина Т.В., кандидат технических наук, доцент

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alexandr N. Belyaev**, Doctor of Science in Engineering, Department Head; **address:** 1, Michurina St., Voronezh, 394087, Russia; e-mail: aifkm_belyaev@mail.ru

Vladimir P. Shatsky, Doctor of Science in Engineering, Department Head

Vyacheslav A. Gulevsky, Doctor of Science in Engineering, Professor

Tatyana V. Trishina, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor

Дата поступления статьи / Received by the editors 25.04.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 26.07.2022

Дата публикации / Published 26.09.2022



РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ ВАКЦИНЫ ПРОТИВ РИНОПНЕВМОНИИ И МЫТА ЛОШАДЕЙ*

✉ Попов А.А.

Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

✉ e-mail: agronii@mail.ru

Представлена разработка инактивированной комбинированной вакцины против ринопневмонии и мыта лошадей. Изучены острая токсичность, пирогенность и иммуногенность вакцины на лабораторных животных. Доклинические испытания вакцины проведены на беспородных аутбредных мышах и кроликах. Испытание вакцинного препарата на кроликах-самцах показало его апилогенность. Иммуногенность вирусного компонента вакцины проверена на аутбредных мышах 10–14-дневного возраста массой тела 6–7 г. Вакцину мышам 1-й группы ($n = 8$) вводили подкожно по 0,3 мл двукратно с интервалом 14 дней. Мыши 2-й группы ($n = 6$) использованы для отрицательного и положительного контроля. Через 14 дней после второй иммунизации проведено контрольное интрацеребральное заражение адаптированным штаммом вируса ринопневмонии лошадей в дозе $0,02 \times 6,0 \text{ IgTCD}_{50}/\text{мл}$. Иммуногенную активность мытного состава вакцины определяли на беспородных белых мышах. Вакцину в дозе 0,5 мл вводили подкожно 10 белым мышам. После вакцинации через 10 дней проведено заражение летальной дозой мытного стрептококка опытной и контрольной групп лабораторных мышей LD_{50} , которая составила 200 тыс. микробных тел в 1 мл. У мышей опытной группы за время наблюдения масса тела увеличилась на 1,5 г, контрольной – на 0,9 г. По результатам патоморфологических и гистологических исследований, изменений во внутренних органах, вызванных введением внутрижелудочно препаратов, не обнаружено. Доклиническое испытание показало отсутствие острой токсичности, аллергизирующих, пирогенных свойств и иммуногенность комбинированной вакцины против ринопневмонии и мыта лошадей. Комбинированная вакцина предохраняет от экспериментального заражения вирусом ринопневмонии на 75%, возбудителем мыта на 80%.

Ключевые слова: комбинированная вакцина, острая токсичность, пирогенность, иммуногенность, мыт, ринопневмония, иммуномодулятор

DEVELOPMENT OF A COMBINED VACCINE AGAINST RHINOPNEUMONIA AND STRANGLES OF HORSES

✉ Popov A.A.

M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture
Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia

✉ agronii@mail.ru

The development of an inactivated combined vaccine against rhinopneumonia and horse strangles is presented. Acute toxicity, pyrogenicity and immunogenicity of the vaccine in laboratory animals have been studied. Preclinical trials of the vaccine were conducted on mongrel outbred mice and rabbits. Testing of the vaccine preparation on male rabbits showed its apyrogenicity. The

*Научный руководитель – доктор ветеринарных наук, профессор М.П. Неустроев.

immunogenicity of the viral component of the vaccine was tested on 10-14-day-old outbred mice with a body weight of 6-7 g. The vaccine was administered subcutaneously to the 1st group of mice ($n = 8$) 0.3 ml twice with an interval of 14 days. Mice of the 2nd group ($n = 6$) were used for negative and positive control. 14 days after the second immunization, a control intracerebral infection with an adapted strain of equine rhinopneumonia virus was carried out at a dose of $0.02 \times 6.0 \lg \text{TSD}_{50}/\text{ml}$. The immunogenic activity of the strangles composition of the vaccine was tested on mongrel white mice. The vaccine in a dose of 0.5 ml was administered subcutaneously to 10 white mice. After vaccination, 10 days later, infection with a lethal dose of strangles streptococcus was carried out in experimental and control groups of laboratory mice LD_{50} , which amounted to 200 thousand microbial bodies in 1 ml. In the mice of the experimental group, body weight increased by 1.5 g during observation, in the control group – by 0.9 g. According to the results of pathomorphological and histological studies, no changes in the internal organs caused by the administration of intragastric drugs were detected. Preclinical testing showed the absence of acute toxicity, allergenic, pyrogenic properties and immunogenicity of the combined vaccine against rhinopneumonia and horse strangles. The combined vaccine protects against experimental infection with the rhinopneumonia virus by 75%, with the causative agent of horse strangles by 80%.

Keywords: combined vaccine, acute toxicity, pyrogenicity, immunogenicity, strangles, rhinopneumonia, immunomodulator

Для цитирования: Попов А.А. Разработка комбинированной вакцины против ринопневмонии и мыта лошадей // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 4. С. 129–134. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-14>

For citation: Popov A.A. Development of a combined vaccine against rhinopneumonia and strangles of horses. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 4, pp. 129–134. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-4-14>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Для мирового коневодства вирусные и бактериальные болезни молодняка лошадей представляют сложную проблему. Из них наиболее распространенными болезнями считаются ринопневмония и мыт лошадей [1, 2].

В мире существуют разные виды вакцин против ринопневмонии: инактивированные, аттенуированные, живые, а также разные способы терапии [3, 4]. Однако технологии применения этих вакцин предусматривают двух- или трехкратную иммунизацию. В России для профилактики ринопневмонии используют сухую живую вирусвакцину из штамма СВ/69 [5, 6].

В Республике Саха (Якутия) сотрудниками Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства и ВИЭВ (Москва) разработана инактивированная вакцина из штамма СВ/69 против ринопневмонии лошадей с иммуномодулятором

из фугата штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3 [7]. В 2018 г. депонирован штамм мытного стрептококка – *Streptococcus equi* Н-5/1 во ВГНКИ (регистрационный номер ВКШМ-Б-141П). Штамм используется для изготовления вакцины против мыта лошадей (патент на изобретение № 2703485 от 15.08.2018) [8].

Ввиду того, что ринопневмония может протекать одновременно с мытом, актуальным остается разработка комбинированной вакцины однократного применения. В доступной литературе нет данных об аналогах двухвалентной вакцины для профилактики ринопневмонии и мыта лошадей.

Цель работы – представить разработку инактивированной комбинированной вакцины против ринопневмонии и мыта лошадей.

Задачи исследования – изучить острую токсичность, пирогенность и иммуногенность комбинированной вакцины против ринопневмонии и мыта лошадей на лабораторных животных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Комбинированная вакцина изготовлена из инактивированных штаммов вируса ринопневмонии СВ/69, бактерии *Streptococcus equi* «Н-5/1» и иммуномодулятора из штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3. Лабораторные испытания опытной серии вакцины и определение иммуногенности мытного состава проведены на беспородных лабораторных белых мышах обоего пола 5–8-недельного возраста массой 18–20 г и здоровых кроликах-самцах массой 1,5–1,6 кг. Безвредность и пирогенность определяли в соответствии с ГОСТ 31926–2013 «Средства лекарственные для ветеринарного применения. Методы определения безвредности». Определение иммуногенности вирусного компонента вакцины проводили в лаборатории вирусологии ВИЭВ (Москва) на аутбредных мышах 10–14-дневного возраста массой тела 6–7 г. Результаты исследований математически обрабатывали по методу Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Введение опытным белым мышам вакцинного препарата внутривентрально в дозе 1 см³ и физиологического раствора в аналогичной дозе мышам контрольной группы не оказало влияния на общее состояние животных. Мыши полностью съедали корм, были подвижными, активно проявляли реакцию на окружающих. Анализ динамики массы тела белых мышей выявил ее положительный прирост как в контрольной, так и в опытной группе (см. табл. 1).

В опытной группе, получавшей вакцинный препарат, прирост массы составил 9,2%, в контрольной – 5,05%. По результа-

там гистологических исследований, очаговых дистрофических изменений во внутренних органах не найдено.

Для определения пирогенности сформировали две группы по 3 гол. здоровых кроликов-самцов массой тела 1,5–1,6 кг. Комбинированную вакцину вводили в ушную вену кроликов в дозе 0,1 мл (2-я группа). В качестве контроля (1-я группа) вводили 0,9%-й физиологический раствор. После введения препарата температуру тела измеряли с интервалом не более 30 мин на протяжении 3 ч (см. табл. 2).

Во время наблюдения до проведения опыта средняя температура подопытных кроликов в 1-й группе составляла 38,6 °С, во 2-й – 38 °С. На 4-й день, до инъекции, она равнялась в 1-й группе 38,5 °С, во 2-й – 38,6 °С. После введения препарата температура кроликов в 1-й группе поднялась на 0,2 °С, во 2-й – на 0,4 °С. Таким образом, комбинированная вакцина апиогенна и не вызвала изменения температуры тела животных.

Эффективность иммунизации определяли по количеству мышей, устойчивых после заражения. Иммуногенность вирусного компонента в 1-й группе мышей составила 75%, в контрольной все мыши погибли. Для контрольного заражения мытным стрептококком определили летальную дозу, которая составила 200 тыс. микробных тел в 1 см³. Из десяти иммунизированных мышей заболели и пали две мыши. В контрольной группе заболели и пали все 10 мышей. Иммуногенность мытного состава вакцины составила 80%.

Высокая эффективность иммуногенной активности ассоциированной вакцины обусловлена входящими в ее состав антигенно активных штаммов вируса ринопневмонии,

Табл. 1. Учет массы тела белых лабораторных мышей, г

Table 1. Body weight count of white laboratory mice, g

Группа	Масса тела в день наблюдения								
	До опыта (в течение 2 дней)	В день опыта (после введения)	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й
1	16,3 ± 9,05	17,2 ± 9,68	17,7 ± 9,82	17,9 ± 9,89	17,2 ± 9,61	18,2 ± 10,11	17,8 ± 10,39	17,9 ± 10,11	17,8 ± 10,25
2	17,0 ± 0,84	17,4 ± 0,91	18,2 ± 0,84	18,2 ± 0,84	18,4 ± 1,06	18,5 ± 1,2	18,2 ± 0,98	18,6 ± 0,63	18,7 ± 0,63

Табл. 2. Результаты измерения температуры тела подопытных кроликов до и после инъекций ($n = 3$)**Table 2.** Results of body temperature measurements of experimental rabbits before and after injections ($n = 3$)

День опыта	1-я группа	2-я группа
<i>До инъекции препарата</i>		
1-й	$38,7 \pm 0,42$	$38,0 \pm 0,21$
2-й	$38,3 \pm 0,35$	$37,9 \pm 0,21$
3-й	$38,8 \pm 0,21$	$38,2 \pm 0,28$
4-й	$38,5 \pm 0,21$	$38,6 \pm 0,56$
Через 30 мин	$38,5 \pm 0,14$	$38,6 \pm 0,49$
<i>После инъекции препарата на 4-й день опыта</i>		
Через 30 мин	$38,6 \pm 0,21$	$37,6 \pm 0,70$
Через 1 ч	$38,4 \pm 0,42$	$37,9 \pm 0,35$
Через 1,5 ч	$38,5 \pm 0,14$	$38,4 \pm 0,28$
Через 2 ч	$38,5 \pm 0,07$	$38,8 \pm 0,14$
Через 2,5 ч	$38,7 \pm 0,35$	$38,7 \pm 0,21$
Через 3 ч	$38,7 \pm 0,07$	$39,0 \pm 0,21$

мытного стрептококка и иммуномодулятора из штамма бактерий *Bac. subtilis* ТНП-3, который обладает ферментативными, интерферониндуцирующими, противомикробными и иммуностимулирующими свойствами [9]. Полученные результаты согласуются с работами исследователей, установивших, что вирусные и бактериальные антигены в комбинированных вакцинах приводят к значительной стимуляции фагоцитарной активности перитонеальных макрофагов, которая способствует развитию адаптивного иммунитета [10]. Shiliang A. Liu и др. [11] экспериментально доказали на лабораторных мышах, что внутримышечное введение живой векторной вакцины против ГВЛ-1 стимулирует образование гуморального и иммунного ответа. Seong K. Kim и др. [12] также отмечают, что иммунизация ослабленным штаммом вируса герпеса 1-го типа лабораторных мышей стимулирует выработку в их организме врожденных иммунных ответов, что защищает их при контрольном заражении летальной дозой вируса.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что комбинированная вакцина в изучаемых дозах не влияет отрицательно на общее состояние животных, не

обладает алергизирующими свойствами, не вызывает судорожных реакций, не нарушает координацию движений и не обладает токсичностью в отношении лабораторных животных.

2. Иммуногенность вирусного состава вакцины составила 75%, мытного состава – 80%.

3. Разработка и внедрение в производство комбинированной вакцины повысит эффективность профилактических мероприятий при респираторных болезнях молодняка лошадей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неустроев М.П., Петрова С.Г., Эльбядова Е.И., Попов А.А. Профилактика и лечение вирусно-бактериальных болезней молодняка лошадей // Тенденции развития науки и образования. 2018. № 43 (7). С. 52–54. DOI: 10.18411/lj-10-2018-167.
2. Minoru O., Hiroshi B., Manabu N., Yoshinori K., Norihisa T., Koji T. Antibody Responses Against Equine Influenza Virus Induced by Concurrent and by Consecutive Use of an Inactivated Equine Influenza Virus Vaccine and a Modified Live Equine Herpesvirus Type 1 Vaccine in Thoroughbred Racehorses // Journal of Equine Veterinary Science. 2020. N 94. P. 21–32. DOI: 10.1016/j.jevs.2020.103221.
3. Ameer Khuro, Chirom Aarti, Raymundo Rene Rivas-Caceres, Alberto Barbabosa-Pliego. Equine Herpesvirus-I Infection in Horses: Recent Updates on its Pathogenicity, Vaccination, and Preventive Management Strategies // Journal of Equine Veterinary Science. 2020. N 87. P. 23–29. DOI: 10.1016/j.jevs.2020.102923.
4. Laval K., Poelaert K.C.K., Van Cleemput J., Zhao J., Vandekerckhove A.P., Gryspeerdt A.C., Garré B., Meulen K., Baghi H.B., Dubale H.N., Zarak I., Crombrugge E., Nauwynck H.J. The Pathogenesis and Immune Evasive Mechanisms of Equine Herpesvirus Type 1 // Frontiers in Microbiology. 2021. N 12. P. 662–686. DOI: 10.3389/fmicb.2021.662686.
5. Юров К.П. Некоторые итоги работы лаборатории вирусологии ВИЭВ // Ветеринария и кормление. 2014. № 5. С. 60–61.
6. Юров К.П., Глюкин М.М. Профилактика массовых инфекционных болезней лошадей в табунном коневодстве // Устойчивое развитие табунного коневодства. 2007. № 5. С. 255–256.

7. Тихонова Ф.М., Неустроев М.П., Петрова С.Г., Баишев А.А. Испытание эффективности вакцины против ринопневмонии лошадей инаktivированной с иммуномодулятором в производственных условиях // Ветеринарная медицина. 2012. № 96. С. 172–174.
8. Эльбядова Е.И., Неустроев М.П. Результаты дорегистрационных исследований вакцины против мыта лошадей // Ветеринария и кормление. 2022. № 2. С. 57–60. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-2-16.
9. Степанов А.И., Неустроев М.П., Тарабукина Н.П., Юров К.П., Петрова С.Г., Эльбядова Е.И., Попов А.А. Результаты разработки микробных препаратов в коневодстве // Ветеринария и кормление. 2018. № 2. С. 78–81. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2018-2-20.
10. Брылина В.Е., Третьякова И.В., Пермьякова К.Ю., Бехзадур Дар'юш. Иммунологический мониторинг комбинированной и ассоциированной вакцин и их монокомпонентов // Ветеринарная медицина, 2011. № 3–4. С. 42–45.
11. Shiliang A. Liu, Brent A. Stanfield, Vladimir N. Chouljenko, Shan Naidu, Ingeborg Langohr, Fabio Del Piero, Jacqueline Ferracone, Alma A. Roy, Konstantin G. Kousoula. Intramuscular Immunization of Mice with the Live-Attenuated Herpes Simplex Virus 1 Vaccine Strain VC2 Expressing Equine Herpesvirus 1 (EHV-1) Glycoprotein D Generates Anti-EHV-1 Immune Responses in Mice // Journal of Virology. 2017. Vol. 91. Is. 12. DOI: 10.1128/JVI.02445-16.
12. Seong K. Kim, Akhalesh K. Shakya, Dennis J. O'Callaghan. Immunization with Attenuated Equine Herpesvirus 1 Strain KyA Induces Innate Immune Responses That Protect Mice from Lethal Challenge // Journal of Virology. 2016. Vol. 90 (18). P. 8090–8104. DOI: 10.1128/JVI.00986-16.
3. Ameer Khuro, Chirom Aarti, Raymundo Rene Rivas-Caceres, Alberto Barbabosa-Pliego. Equine Herpesvirus-I Infection in Horses: Recent Updates on its Pathogenicity, Vaccination, and Preventive Management Strategies. *Journal of Equine Veterinary Science*, 2020, no. 87, pp. 23–29. DOI: 10.1016/j.jevs.2020.102923.
4. Laval K., Poelaert K.C.K., Van Cleemput J., Zhao J., Vandekerckhove A.P., Gryspeerdt A.C., Garré B., Meulen K., Baghi H.B., Dubale H.N., Zarak I., Crombrugge E., Nauwynck H.J. The Pathogenesis and Immune Evasive Mechanisms of Equine Herpesvirus Type 1. *Frontiers in Microbiology*, 2021, no. 12, pp. 662–686. DOI: 10.3389/fmicb.2021.662686.
5. Yurov K.P. Some results of the laboratory of virology VIEV. *Veterinariya i kormlenie = Veterinariya I Kormlenie*, 2014, no. 5, pp. 60–61. (In Russian).
6. Yurov K.P., Glyukin M.M. Prevention of mass infectious diseases of horses in herd horse breeding. *Ustoichivoe razvitie tabunnogo konovodstva = Sustainable development of herd horse breeding*, 2007, no. 5. pp. 255–256. (In Russian).
7. Tikhonova F.M., Neustroev M.P., Petrova S.G., Baishev A.A. The tests of the effectiveness of vaccine against equine rhinopneumonitis inactivated with immunomodulator in production conditions. *Veterinarna meditsina = Veterinary Medicine*, 2012, no. 96, pp. 172–174. (In Russian).
8. El'byadova E.I., Neustroev M.P. Results of pre-registration studies of the vaccine against horse strangles. *Veterinariya i kormlenie = Veterinariya I Kormlenie*, 2022, no. 2, pp. 57–60. (In Russian). DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-2-16.
9. Stepanov A.I., Neustroev M.P., Tarabukina N.P., Yurov K.P., Petrova S.G., Elbyadova E.I., Popov A.A. Results of the development of microbial preparations in horse breeding. *Veterinariya i kormlenie = Veterinariya I Kormlenie*, 2018, no. 2, pp. 78–81. (In Russian). DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2018-2-20.
10. Brylina V.E., Tret'yakova I.V., Permyakova K.Yu., Bekhzadrur Dar'yush. Immunologi-

REFERENCES

1. Neustroev M.P., Petrova S.G., El'byadova E.I., Popov A.A. Prevention and treatment of viral and bacterial diseases of young horses. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya = Trends in the development of science and education*, 2018, vol. 43 (7), pp. 52–54. (In Russian). DOI 10.18411/lj-10-2018-167.
2. Minoru O., Hiroshi B., Manabu N., Yoshinori K., Norihisa T., Koji T. Antibody Responses

- cal monitoring of combined and associated vaccines and their monocomponents. *Veterinarna meditsina = Veterinary Medicine*, 2011, vol. 3–4, pp. 42–45. (In Russian).
11. Shiliang A. Liu, Brent A. Stanfield, Vladimir N. Chouljenko, Shan Naidu, Ingeborg Langohr, Fabio Del Piero, Jacqueline Ferracone, Alma A. Roy, Konstantin G. Kousoula. Intramuscular Immunization of Mice with the Live-Attenuated Herpes Simplex Virus 1 Vaccine Strain VC2 Expressing Equine Herpesvirus 1 (EHV-1) Glycoprotein D Generates Anti-EHV-1 Immune Responses in Mice. *Journal of Virology*, 2017, vol. 91, is. 12. DOI: 10.1128/JVI.02445-16.
12. Seong K. Kim, Akhalesh K. Shakya, Dennis J. O'Callaghan. Immunization with Attenuated Equine Herpesvirus 1 Strain KyA Induces Innate Immune Responses That Protect Mice from Lethal Challenge. *Journal of Virology*, 2016, vol. 90 (18), pp. 8090–8104. DOI: 10.1128/JVI.00986-16.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Попов А.А.**, аспирант; **адрес для переписки:** Россия, 677001, Республика Саха (Якутия), Якутск, Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова; e-mail: agronii@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Adrian A. Popov**, Postgraduate Student; **address:** M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture, Yakutsk, Republic of Sakha, 677001, Russia; e-mail: agronii@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 21.06.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 26.08.2022
Дата публикации / Published 26.09.2022



БОРИС ИВАНОВИЧ ГЕРАСЕНКОВ
(к 100-летию со дня рождения)



В 2022 г. крупному сибирскому ученому-аграрнику, селекционеру и организатору селекционного центра при Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства, доктору сельскохозяйственных наук Борису Ивановичу Герасенкову исполнилось 100 лет со дня рождения и 50 лет со времени смерти.

За столь короткий жизненный путь Борис Иванович успел принять активное участие в боевых действиях по защите Родины в Великой Отечественной войне, окончить агрономический факультет Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева, специализироваться в селекции и агротехнике кормовых культур и вывести оригинальные сорта и гибриды многолетних трав и кукурузы. На протяжении 10 лет бессменно руководил лабораторией кукурузы и одновременно был заместителем директора СибНИИСХоза по научной работе. В последние 2 года жизни он создал Западносибирский селекционный центр при институте и руководил им. С 1936 г. был в рядах Ленинского комсомола, в 1946 г. вступил в члены КПСС.

Борис Иванович родился 22 июля 1922 г. в г. Борисоглебске Воронежской области в семье рабочих. С 1930 г. учился в средней школе, по окончании которой был призван в ряды Советской армии. Прошел курс артиллерийской подготовки и с начала войны по 10 апреля 1942 г. активно участвовал в боях на Западном и Калининском фронтах. Воевал в качестве командира батареи ПТО в составе 226-го особого отдельного ударного батальона 3-й морской бригады 2-й ударной армии. В 1942 г. был тяжело ранен, потерял правую руку и в течение года лечился в госпиталях. В 1945 г. был награжден «Медалью за победу над Германией в Великой Отечественной войне».

После длительного лечения в госпиталях и демобилизации по ранению и инвалидности Борис Иванович поступил в Московскую сельскохозяйственную академию им. К.А. Тими-

рязева. После ее окончания в марте 1948 г. Б.И. Герасенков был направлен на работу в качестве научного сотрудника на Ставропольскую государственную селекционную станцию. Через год в марте 1949 г. распоряжением заместителя министра МСХ по кадрам переведен в сибирские края – на Нарымскую госселекционную станцию на должность старшего научного сотрудника отдела селекции, семеноводства и агротехники.

На Нарымской опытной станции Б.И. Герасенков работал в составе селекционной группы кормовых культур совместно с опытными селекционерами В.К. Немлиенко и В.Б. Овсянниковым. При его активном участии созданы и переданы на испытание в госсортсеть сорта клевера красного и тимopheевки луговой. В последующем оба нарымских сорта были районированы и отличались высокой урожайностью по сену (40–60 ц/га) и семенам (3–4 ц/га), устойчивостью к экстремальным сибирским условиям, болезням и вредителям, а также к полеганию и затоплению. Они нашли широкое распространение в Западной и Восточной Сибири, а также в Магаданской области.

В декабре 1951 г. Борис Иванович поступил в очную аспирантуру на кафедру растениеводства ТСХА. Научные опыты по орошению пшеницы аспирант Б.И. Герасенков проводил в Ростовской области на черноземах. На основании этих исследований в 1954 г. им успешно защищена кандидатская диссертация. После этого он был направлен на работу в Омск в старейшее научное заведение региона – в Сибирский НИИ сельского хозяйства.

В СибНИИСХозе, где Борис Иванович проработал около 20 лет, в полной мере проявился его талант исследователя. Он стал заниматься крупнейшей агрономической проблемой того времени: изучением адаптационных возможностей кукурузы, новой для Сибири культуры в то время. Эта перспективная зерновая и кормовая культура в 60-е годы прошлого столетия была возведена в стране в ранг «партийной» и повсеместно внедрялась, часто неудачно, в сельскохозяйственное производство страны. Недостаток научных исследований по технологии возделывания культуры, отсутствие адаптированных к сибирским условиям сортов и гибридов сдерживали ее широкое освоение в колхозах и совхозах.

По инициативе Б.И. Герасенкова в институте с 1955 г. были активно развернуты исследования по биологии кукурузы, агротехнике ее возделывания, методам селекции и семеноводству. В 1963 г. Борисом Ивановичем создана первая в Сибири лаборатория кукурузы. За 10-летний период под его руководством удалось решить агротехнические и селекционные проблемы адаптации кукурузы к непростым сибирским почвенно-климатическим условиям и разработать зональные технологические приемы стабильного получения урожаев зеленой массы и зерна. Особо важная и наиболее трудоемкая исследовательская работа под руководством Б.И. Герасенкова проведена группой сотрудников (Г.П. Высоκος, В.П. Рогозина, Л.П. Гончарова, Н.В. Соболева, Т.С. Исaiченкова и др.) по селекции культуры: в лаборатории созданы сибирские скороспелые сорта и гибриды кукурузы Омская 2, Омская 5, Омская 8, гибрид Омский 22. Вскоре они нашли широкое распространение в растениеводстве региона и послужили в последующем исходным материалом для создания новых селекционных форм. В дальнейшем эти направления были продолжены и нашли широкое развитие.

По современным меркам, публикационное наследство Б.И. Герасенкова небольшое (немногим более 100 статей, в журналах, сборниках и рекомендациях), но все его работы направлены на теоретическое обоснование методологических подходов к селекции и технологии возделывания кормовых культур в суровых сибирских условиях. В то время эти проблемы были крайне актуальными.

Обобщение материалов исследований по кукурузе позволило Б.И. Герасенкову подготовить диссертацию «Биология и особенности культуры сибирского экотипа кукурузы» на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук, которая успешно была защищена в 1964 г. Свой исследовательский опыт Борис Иванович передавал молодежи и подготовил пять аспирантов, защитивших кандидатские диссертации.

Наряду со своей активной научной деятельностью Б.И. Герасенков выполнял также обязанности руководителя всей исследовательской работой в СибНИИСХозе, поскольку бессменно на протяжении последних 10 лет работал заместителем директора по науке. Следует отметить, что в 60-х годах прошлого столетия в институте весьма активно вели исследования по всем направлениям аграрной науки: земледелию, агрохимии, селекции, животноводству, механизации. Опытный кадровый состав старшего поколения и активная молодежь (обучались до 30 аспирантов одновременно) проводили интенсивные научные поиски в лабораториях и на опытных полях и фермах института, в ОПХ, колхозах и совхозах. Следует признать, что Борису Ивановичу удавалось тактично решать все проблемы как с корифеями науки, так и с молодым поколением.

Большой вклад Б.И. Герасенков в качестве руководителя внес в создание в 1972, 1973 гг. при СибНИИСХозе Селекционного центра. Он успел определить основные направления его будущей исследовательской работы, составить перспективные планы комплексных селекционных направлений по полевым культурам, наметить комплексность теоретических и прикладных исследований. Менее чем за год Борис Иванович смог создать группу новых лабораторий, теоретическое сопровождение селекционных процессов растений и подобрать для них молодых и хорошо подготовленных руководителей, кандидатов наук: генетики – Р.А. Цильке, физиологии и биохимии – О.И. Гамзикова, иммунитета – Б.Г. Рейтера, малогабаритной техники – В.А. Домрачева. Как показало время, они успешно справились с перспективными проблемами. Запланированные новое здание Селекционного центра и тепличный комплекс Селекцентра были построены по его планам позже.

Практически все задумки Бориса Ивановича по созданию Селекционного центра при СибНИИСХозе выполнены его приемником членом-корреспондентом РАСХН К.Г. Азиевым и коллективом селекцентра.

Военные раны и рабочие перегрузки дали о себе знать. В начале 1973 г. Борис Иванович Герасенков скоропостижно ушел из жизни.

Время неминуемо стирает память о солдатах и командирах научного фронта, но вклад каждого воина исследовательского полка остается в сортах, агроприемах, теоретических постулатах и в конечном итоге в полученном хлебе насущном и памяти поколений.

СПИСОК НЕКОТОРЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ДОКТОРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК Б.И. ГЕРАСЕНКОВА

1. Некоторые вопросы кормодобывания // Труды Томского государственного университета. 1952. Т. 117. Сер. 6.
2. Высокие урожаи сена многолетних трав с двух укосов в Томской области // Кормовая база. 1952. № 2. С. 7–9.
3. Опыты по орошению яровой пшеницы в Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1954. 18 с.
4. О холодостойкости всходов кукурузы // Бюллетень научно-технической информации СибНИИСХоза. 1958. № 2. С. 14–16.
5. Высокие урожаи кукурузы на больших площадях. Омск. Омгиз, 1958. 21 с. (В соавторстве с Г.П. Высокосом).
6. О монокультуре кукурузы // Сборник научных работ СибНИИСХоза. 1959. № 5. С. 42–47.
7. Селекция кукурузы в Сибири // Кукуруза. 1959. № 3. С. 56–57.
8. Повторные посевы кукурузы // Земледелие. 1960. № 4. С. 34–36. (В соавторстве с В.П. Рогозиной).
9. Некоторые биологические особенности сортов сибирской кукурузы // Сельское хозяйство Сибири. 1960. № 6. С. 33–36.
10. Биологические особенности сибирской кукурузы. Омск: Изд-во ОмСХИ. 1960. 14 с. (В соавторстве с В.П. Рогозиной).
11. Кукуруза Омская 2 // Сельское хозяйство Сибири. 1961. № 2. С. 12–13.

12. О соотношении родительских форм при гибридизации // Сборник научных работ СибНИИСХоза. 1961. № 6. С. 3–8.
13. Кукуруза на зерно. Омск: ОмГИЗ, 1961. 38 с. (В соавторстве с В.П. Рогозиной).
14. Рекомендации по возделыванию кукурузы в колхозах и совхозах РСФСР на 1962 год. М.: Изд-во МСХ РСФСР. 1962. 48 с. (Группа авторов).
15. Кукуруза – основа кормовой базы. Омск: ОмГИЗ, 1962. 76 с.
16. Кукуруза сорта Омская 5 // Сельскохозяйственное производство Сибири и Дальнего Востока. 1963. № 3. С. 11–13.
17. Биология и особенности культуры Сибирского экотипа кукурузы: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Омск, 1964. 40 с.
18. Сорта кукурузы, селекция и семеноводство // Кукуруза в Целинном крае и в Западной Сибири. М.: Колос, 1965. 157 с.
19. Главная кормовая культура Сибири // Кукуруза. 1966. № 2. С. 22–26.
20. Некоторые вопросы семеноводства гибридной кукурузы в Западной Сибири // Кукуруза, 1967. № 2. С. 16–19.
21. Старейший институт Сибири // Селекция и семеноводство. 1967. № 4. С. 22–26.
22. Кукуруза: Рекомендации по агротехнике и семеноводству многолетних трав и однолетних кормовых культур в колхозах и совхозах Сибири. М.: Россельхозиздат, 1968. 46 с.
23. Кукуруза сорта Омская 2 // Авторское свидетельство № 147 от 12.11.1963.
24. Сибирские формы – особый экотип кукурузы // Сборник научных работ СибНИИСХоза. 1969. № 15. С. 3–12.

Академик РАН *Г.П. Гамзиков*,
член-корреспондент РАН *Р.И. Рутц*

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@sfscs.ru и регистрируются ответственным секретарем.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Текст рукописи оформляется шрифтом Times New Roman, кеглем 14 с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу. Объем статьи не более 15 страниц (включая таблицы, иллюстрации и библиографию); статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 7 страниц.

Структура оформления статьи:

1. **УДК**

2. **Заголовок статьи на русском и английском языках (не более 70 знаков).**

3. **Фамилии и инициалы авторов, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования на русском и английском языках.**

Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса.

4. **Реферат на русском и английском языках.** Объем реферата не менее 200–250 слов. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до области (края), не упоминать конкретные организации.

5. **Ключевые слова на русском и английском языках.** 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли реферат и название статьи.

6. **Информация о конфликте интересов либо его отсутствии.** Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом.

Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

7. **Благодарности на русском и английском языках.** В этом разделе указываются все источники финансирования исследования, а также благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами.

8. **Основной текст статьи.** При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

ВВЕДЕНИЕ (постановка проблемы, цели, задачи исследования)

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ или **ВЫВОДЫ**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. Количество источников не менее 15. В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии. Самоцитирование не более 10% от общего количества. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке упоминания в тексте, желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Правила оформления списка литературы – в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008 (требования и правила составления библиографической ссылки). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств.

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, рекомендации, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в *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 СНОСКИ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

Монография

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

Часть книги

Холмов В.Г. Минимальная обработка кулисного пара под яровую пшеницу при интенсификации земледелия в южной лесостепи Западной Сибири // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 230–235.

Периодическое издание

Пакуль А.Л., Лапишинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 27–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

REFERENCES:

Составляется в том же порядке, что и русскоязычный вариант, по следующим правилам:

Фамилии И.О. авторов в устоявшемся способе транслитерации, англоязычное название статьи, *транслитерация названия русскоязычного источника (например через сайт: <https://antrophob.ru/translit-bis>)* = англоязычное название источника. Далее оформление для монографии: город, англоязычное название издательства, год, количество страниц; для журнала: год, номер, страницы). (In Russian).

Пример: Avtor A.A., Avtor B.B., Avtor C.C. Title of article.

Транслитерация авторов. Англоязычное название статьи

Zaglavie jurnala = Title of Journal, 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

Транслитерация источника = Англоязычное название источника

Монография

Klimova E.V. Field crops of Zabaikalya. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).

Часть книги

Kholmov V.G. Minimum tillage of coulisse-strip fallow for spring wheat with intensification of arable agriculture in southern forest-steppe of Western Siberia. *Resource-saving tillage systems*, Moscow, Agropromizdat Publ., 1990, pp. 230–235. (In Russian).

Периодическое издание

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Technological grain qualities of spring common wheat depending on the system of soil tillage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 27–35. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

СНОСКИ:

Цитируемый текст¹.

¹Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: материалы науч.-практ. конф. (Чита, 16–17 октября 2008 г.). Чита, 2009. С. 36–39.

Цифровой идентификатор Digital Object Identifier – DOI (когда он есть у цитируемого материала) необходимо указывать в конце библиографической ссылки.

Пример:

Chu T., Starek M.J., Brewer M.J., Murray S.C., Pruter L.S. Assessing lodging severity over an experimental maize (*Zea mays* L.) field using UAS images // *Remote Sensing*. 2017. Vol. 9. P. 923. DOI: 10.3390/rs9090923.

Наличие DOI статьи следует проверять на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>. Для этого нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке.

РИСУНКИ, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ И ФОТОГРАФИИ

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Все рисунки должны иметь подрисуночные подписи. Подрисуночную подпись необходимо перевести на английский язык. Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется. Отсылки на рисунки оформляются следующим образом: «На рис. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. рис. 3)». Подрисуночная

подпись включает порядковый номер рисунка и его название. «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод подрисуночной подписи следует располагать после подрисуночной подписи на русском языке.

Таблицы должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Предпочтительны таблицы, пригодные для редактирования, а не отсканированные или в виде рисунков. Все таблицы должны иметь заголовки. Название таблицы должно быть переведено на английский язык. Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется. Отсылки на таблицы оформляются следующим образом: «В табл. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. табл. 3)». Заголовок таблицы включает порядковый номер таблицы и ее название: «Табл. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод заголовка таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

Фотографии, скриншоты и другие нерисованные иллюстрации необходимо загружать отдельно в виде файлов формата *.jpeg (*.doc и *.docx – в случае, если на изображение нанесены дополнительные пометки). Разрешение изображения должно быть >300 dpi. Файлам изображений необходимо присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте. В описании файла следует отдельно привести подрисуночную подпись, которая должна соответствовать названию фотографии, помещаемой в текст.

Следует обратить внимание на написание формул в статье. Во избежание путаницы необходимо греческие (α , β , π и др.), русские (А, а, Б, б и др.) буквы и цифры писать прямым шрифтом, латинские – курсивным (*W*, *Z*, *m*, *n* и др.). Математические знаки и символы нужно писать также прямым шрифтом. Необходимо четко указывать верхние и нижние надстрочные символы (W^1 , F_1 и др.).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ

Редакция просит авторов при подготовке статей руководствоваться изложенными выше правилами.

Все поступающие в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» статьи проходят предварительную проверку на соответствие формальным требованиям. На этом этапе редакция оставляет за собой право:

- принять статью к рассмотрению;
 - вернуть статью автору (авторам) на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные;
 - вернуть статью автору (авторам) без рассмотрения, оформленную не по требованиям журнала;
 - отклонить статью из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, малой научной ценности.
- Переписка с авторами рукописи ведется через контактное лицо, указанное в рукописи.

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», проходят обязательное двухстороннее «слепое» рецензирование (double-blind – автор и рецензент не знают друг о друге). Рукописи направляются по профилю научного исследования на рецензию членам редакционной коллегии.

В спорных случаях редактор может привлечь к процессу рецензирования нескольких специалистов, а также главного редактора. При положительном заключении рецензента статья передается редактору для подготовки к печати.

При принятии решения о доработке статьи замечания и комментарии рецензента передаются автору. Автору дается 2 месяца на устранения замечаний. Если в течение этого срока автор не уведомил редакцию о планируемых действиях, статья снимается с очереди публикации.

При принятии решения об отказе в публикации статьи автору отправляется соответствующее решение редакции.

Ответственному (контактному) автору принятой к публикации статьи направляется финальная версия верстки, которую он обязан проверить.

ПОРЯДОК ПЕРЕСМОТРА РЕШЕНИЙ РЕДАКТОРА/РЕЦЕНЗЕНТА

Если автор не согласен с заключением рецензента и/или редактора или отдельными замечаниями, он может оспорить принятое решение. Для этого автору необходимо:

- исправить рукопись статьи согласно обоснованным комментариям рецензентов и редакторов;
- ясно изложить свою позицию по рассматриваемому вопросу.

Редакторы содействуют повторной подаче рукописей, которые потенциально могли бы быть приняты, однако были отклонены из-за необходимости внесения существенных изменений или сбора дополнительных данных, и готовы подробно объяснить, что требуется исправить в рукописи для того, чтобы она была принята к публикации.

ДЕЙСТВИЯ РЕДАКЦИИ В СЛУЧАЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА, ФАБРИКАЦИИ ИЛИ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ДАННЫХ

Редакция научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» в своей работе руководствуется традиционными этическими принципами научной периодики и сводом принципов «Кодекса этики научных публикаций», разработанным и утвержденным Комитетом по этике научных публикаций, требуя соблюдения этих правил от всех участников издательского процесса.

ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБОК И ОТЗЫВ СТАТЬИ

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, влияющих на ее восприятие, но не искажающих изложенные результаты исследования, они могут быть исправлены путем замены pdf-файла статьи. В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, искажающих результаты исследования, либо в случае плагиата, обнаружения недобросовестного поведения автора (авторов), связанного с фальсификацией и/или фабрикацией данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отзывная статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине отзыва статьи. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

Подписку на журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
(как на годовой комплект, так и на отдельные номера)
можно оформить одним из следующих способов:

- на сайте Почта России. Зайти в раздел «Онлайн-сервисы», затем – «Подписаться на газету или журнал». Подписной индекс издания ПМ401;
- в агентстве подписки ГК «Урал-Пресс» по индексу 46808. Ссылка на издание http://ural-press.ru/catalog/97210/8656935/?sphrase_id=319094. В разделе контакты зайти по ссылке <http://ural-press.ru/contact/>, где можно выбрать филиал по месту жительства;
- в редакции журнала (телефон 7-383-348-37-62; e-mail: sibvestnik@sfisca.ru).

Полнотекстовая версия журнала
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
размещена на сайте Научной электронной библиотеки:
<http://www.elibrary.ru>.

THE SCIENTIFIC JOURNAL
SIBERIAN HERALD
OF AGRICULTURAL SCIENCE
SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI

FOUNDERS: SIBERIAN FEDERAL SCIENTIFIC CENTRE OF AGRO-BIOTECHNOLOGIES
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ESTABLISHED IN 1971

6 ISSUES PER YEAR

Volume 52, No 4 (287)

DOI: 10.26898

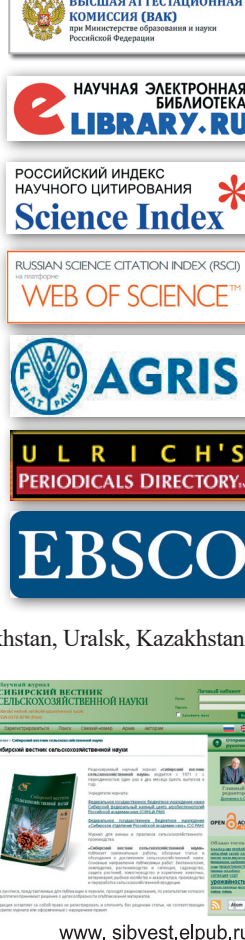


2022
July–August

Editor-in-Chief is Alexander S. Donchenko Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Deputy Chief Editor Tatyana A. Lombanina, Head of the Editorial and Publishing Department of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Editorial board:

Vladimir V. Azarenko	Dr. Sci. in Engineering, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Minsk, Belarus	
Victor V. Alt	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia	
Olga S. Afanasenko	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Saint-Petersburg, Russia	
B. Byambaa	Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Acad. Of Mongolian Acad. Sci., Ulaanbaatar, Mongolia	
Anatoly N. Vlasenko	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia	
Natalia G. Vlasenko	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia	
Kirill S. Golokhvast	Cor. Mem. of Russ. Acad. Edu., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia	
Olga V. Golub	Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia	
Nikolay P. Goncharov	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia	
Mikhail I. Gulyukin	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Moscow, Russia	
Valery N. Delyagin	Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia	
Seyed Ali Johari	Associate Professor, PhD, Sanandaj, Iran	
Irina M. Donnik	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia	
Nikolay A. Donchenko	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Novosibirsk, Russia	
Nikolay M. Ivanov	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia	
Andrey Yu. Izmailov	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Moscow, Russia	
Nikolay I. Kashevarov	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia	
Valery I. Kiryushin	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia	
Sergey N. Mager	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia	
Konstantin Ya. Motovilov	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia	
Oleg K. Motovilov	Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia	
Askar M. Nametov	Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Uralsk, Kazakhstan	
Vasil S. Nikolov	Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Sofia, Bulgaria	
Sergey P. Ozornin	Dr. Sci. in Engineering, Chita, Russia	
Valery L. Petukhov	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia	
Revmira I. Polyudina	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia	
Marina I. Selionova	Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia	
Vladimir A. Soloshenko	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia	
Nikolay A. Surin	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Krasnoyarsk, Russia	
Ivan F. Khramtsov	Acad. Of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Omsk, Russia	
Sezai Ercisli	Professor, PhD, Erzurum, Turkey	
Seung H. Yang	Professor, PhD, Gwangju, Korea	

Editors *E.V. Mosunova, G.N. Yagupova*. Corrector *V.E. Selianina*. Desktop Publisher *N.U. Borisko*. Translator *M.Sh. Gacenko*
Certificate PI FS77-64832 issued by the Federal Service for Supervision of Media,
Communications and Information Technologies on February 2, 2016

Publisher: Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Address: PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoobsk, Novosibirsk District,
Novosibirsk Region, 630501, Russia. Tel/fax: +7-383-348-37-62
e-mail: sibvestnik@sfsc.ru, vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru