

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 12 РАЗ В ГОД

Том 53, № 8 (297)

DOI: 10.26898



2023

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, заведующая издательством «Агронаука» 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
Н.Г. Власенко	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
К.С. Голохваст	член-корреспондент РАО, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
О.В. Голуб	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
Н.П. Гончаров	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Гулюкин	академик РАН, д-р вет. наук, Москва, Россия
В.Н. Десягин	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
С.А. Джохари	профессор, PhD, Санандадж, Иран
И.М. Донник	академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия
Н.А. Донченко	член-корреспондент РАН, д-р вет. наук, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов	член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлов	академик РАН, д-р техн. наук, Москва, Россия
Н.И. Кашеваров	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
В.И. Кирюшин	академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия
С.Н. Магер	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
К.Я. Мотовилов	член-корреспондент РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
О.К. Мотовилов	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
А.М. Наметов	д-р вет. наук, член-корреспондент НАН Республики Казахстан, Уральск, Казахстан
В.С. Николов	д-р вет. наук, София, Болгария
С.П. Озорнин	д-р техн. наук, Чита, Россия
В.Л. Петухов	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Р.И. Полюдина	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Селионова	д-р биол. наук, Москва, Россия
В.А. Солощенко	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.А. Суринов	академик РАН, д-р с.-х. наук, Красноярск, Россия
С. Эркили	профессор, PhD, Эрзурум, Турция
С.Х. Янг	профессор, PhD, Кванджу, Корея



www.sibvest.elpub.ru

Редакторы *Е.М. Исаевич, 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 и издателя: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463

Адрес типографии: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СибНИИ кормов, к. 156

Тел./факс: (383)348-37-62; **e-mail:** sibvestnik@sfsca.ru, vestnik.nsk@ngs.ru; <https://sibvest.elpub.ru/jour>

Вышел в свет 20.09.2023. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 14,25

Уч.-изд. л. 14,00. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агrobiотехнологий Российской академии наук

© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук», 2023

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2023



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

*ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
И ХИМИЗАЦИЯ*

*AGRICULTURE
AND CHEMICALIZATION*

Коробова Л.Н., Риксен В.С., Батурина О.А. Микробиоценоз солонца как индикатор изменения среды при замене кормовых севооборотов сеяным лугом

5 Korobova L.N., Riksen V.S., Baturina O.A. Solonetz microbiocenosis as an indicator of environmental change when replacing forage crop rotations with sown meadow

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

Разгонова М.П., Сенотрусова Т.А., Ли Н.Г., Тимошенко Е.Е., Мурзина О.Г., Русакова Е.А., Голохваст К.С. Аспекты комплексной переработки дальневосточных ягодных культур

15 Razgonova M.P., Senotrusova T.A., Li N.G., Timoschenko E.E., Murzina O.G., Rusakova E.A., Golokhvast K.S. Aspects of complex processing of Far Eastern berry crops

Самсонова И.Д. Эколого-биологические особенности и медоносная ценность вязовников

27 Samsonova I.D. Ecological and biological features and nectariferous value of elm trees

Щеклейна Л.М., Шешегова Т.К. Характер нарастания грибной инфекции в сортовых биоценозах озимой ржи и поиск устойчивых генотипов

36 Shchekleina L.M., Sheshegova T.K. The nature of fungal infection growth in varietal biocenoses of winter rye and the search for resistant genotypes

- | | |
|---|---|
| <p>Клочкова Н.Л., Теличко О.Н. Оценка гибридов тимopheевки луговой (<i>Phleum pratense</i> L.) на семенную продуктивность</p> | <p>44 Klochkova N.L., Telichko O.N. Evaluation of timothy hybrids (<i>Phleum pratense</i> L.) for seed productivity</p> |
| <p>Киселева Г.К., Ульяновская Е.В., Схаляхо Т.В., Караваева А.В. Физиолого-биохимическая оценка устойчивости сортов яблони к жаре и засухе</p> | <p>51 Kiseleva G.K., Ulyanovskaya E.V., Skhalyaho T.V., Karavaeva A.V. Physiological and biochemical evaluation of resistance to heat and drought in apple varieties</p> |

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

- | | |
|--|--|
| <p>Шпанев А.М., Гасич Е.Л. Перспективные фунгициды для защиты ярового рапса от семенной инфекции и корневых гнилей на Северо-Западе Российской Федерации</p> | <p>59 Shpanev A.M., Gasich E.L. Promising fungicides for protecting spring rape against seed infection and root rots in the North-West of the Russian Federation</p> |
| <p>Маркова Т.О., Маслов М.В. Клопы <i>Coreus marginatus orientalis</i> Kir. и <i>Molipteryx fuliginosa</i> Uhl. (Heteroptera, Coreidae) – вредители культурных Розовых (Rosaceae) в Приморском крае</p> | <p>68 Markova T.O., Maslov M.V. Leaf-footed bugs <i>Coreus marginatus orientalis</i> Kir. and <i>Molipteryx fuliginosa</i> Uhl. (Heteroptera, Coreidae) – pests of cultivated Roses (Rosaceae) in the Primorsky Territory</p> |

ЗООТЕХНИЯ
И ВЕТЕРИНАРИЯ

ZOOTECHNICS
AND VETERINARY MEDICINE

- | | |
|---|---|
| <p>Иванищева А.П., Сизова Е.А., Камирова А.М., Мусабаева Л.Л. Влияние органоминеральной кормовой добавки на продуктивность и биохимические показатели цыплят-бройлеров</p> | <p>75 Ivanishcheva A.P., Sizova E.A., Kamirova A.M., Musabayeva L.L. Influence of the organomineral feed additive on productivity and biochemical parameters of broiler chickens</p> |
| <p>Функ И.А., Отт Е.Ф. Особенности подбора микроорганизмов в состав нового пробиотического препарата для сельскохозяйственных животных</p> | <p>85 Funk I.A., Ott E.F. Features of selection of microorganisms in the composition of a new probiotic drug for farm animals</p> |

Безбородова Н.А., Томских О.Г., Кожуховская В.В., Порываева А.П., Сажаев И.М. Методы профилактики клостридиальной инфекции крупного рогатого скота на территории Российской Федерации

92 Bezborodova N.A., Tomskikh O.G., Kozhuhovskaya V.V., Poryvaeva A.P., Sazhaev I.M. Prevention methods for clostridial infection of cattle on the territory of the Russian Federation

ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

Углов В.А., Инербаева А.Т., Бородай Е.В. Роль биологически активных добавок в создании полноценных пищевых продуктов

101 Uglov V.A., Inerbaeva A.T., Borodai E.V. The role of biologically active additives in the creation of healthy and nutritious food products



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-1>

УДК: 631.461:631.445.53:633.2

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

МИКРОБИОЦЕНОЗ СОЛОНЦА КАК ИНДИКАТОР ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДЫ ПРИ ЗАМЕНЕ КОРМОВЫХ СЕВООБОРОТОВ СЕЯНЫМ ЛУГОМ

Коробова Л.Н.¹, (✉)Риксен В.С.², Батурина О.А.³

¹Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

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

³Институт химической биологии и фундаментальной медицины
Сибирского отделения Российской академии наук
Новосибирск, Россия

(✉)e-mail: Riclog@mail.ru

На Барабинской равнине влияние севооборотов с донником и кострцом безостым на солонцы изучается в динамике более 30 лет. Отмечено, что в почве с фитомелиоративными севооборотами общие запасы солей в сравнении с исходной целиной значительно снизились. В слое почвы 0–20 см их количество уменьшилось в 3,8–4,4 раза, в слое 20–40 см – в 4,6–7,7 раза. В результате залужения участков фитомелиоративных севооборотов смесью кострца безостого и люцерны синегибридной эффект рассоления снижается (в верхнем слое в среднем на 6,4 и 9,3%, в нижнем – на 24,9% в последствии севооборота с кострцом). Выявленные изменения в засолении почвы нашли отражение в представительстве солеустойчивых и солечувствительных бактерий. Обилие мало переносящих соль представителей класса спартобактерий на залуженном участке после севооборотов с донником и кострцом снизилось в 3,2 и 3,6 раза, а относительно солелюбивых *Cytophagia* увеличилось в 1,6 и 2,4 раза. В сеянном лугу после севооборота с донником отмечено большее количество сложно разлагаемых растительных остатков (преимущественно злаков), о чем свидетельствует возросшее содержание ацидобактерий. У донника, судя по численности родов *Gaiella* из класса *Thermoleophilia* и *Microlunatus* из класса *Actinobacteria*, мелиоративный эффект в отношении рассоления и аэрации солонца среднего больше, чем у кострца. Залужение увеличивает в солонце среднюю активность минерализации и олиготрофность почвы в слое 20–40 см сильнее, чем в слое 0–20 см в 1,6–2,2 раза. Потенциальное микробиологическое гумусонакопление под сеяным лугом уменьшается в верхнем слое участка, ранее занимаемого севооборотом с донником, и в нижнем слое – севооборотом с кострцом.

Ключевые слова: солонец средний, фитомелиорация, кормовые травы, залужение, микробиом, 16S рРНК, биологическая активность почвы

SOLONETZ MICROBIOCENOSIS AS AN INDICATOR OF ENVIRONMENTAL CHANGE WHEN REPLACING FORAGE CROP ROTATIONS WITH SOWN MEADOW

Korobova L.N.¹, (✉)Riksen V.S.², Baturina O.A.³

¹Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russia

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

³Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Novosibirsk, Russia

(✉)e-mail: Riclog@mail.ru

In the Baraba Plain, the influence of crop rotations with sweet clover and awnless brome grass on solonets has been studied in dynamics for more than 30 years. It has been noted that in the soil with

phytomeliorative crop rotations total salt reserves have significantly decreased in comparison with the initial virgin soil. In the 0–20 cm soil layer, their number decreased 3.8–4.4 times, in the 20–40 cm layer – 4.6–7.7 times. As a result of grassing of the phytomeliorative crop rotation plots with a mixture of awnless bromegrass and alfalfa blue-hybrid, the effect of desalinization is decreasing (in the upper layer on average by 6.4 and 9.3%, in the lower layer – by 24.9% in the aftermath of the crop rotation with awnless bromegrass). The identified changes in the soil salinity have been reflected in the representation of salt-tolerant and salt-sensitive bacteria. The abundance of low salt-tolerant representatives of the class Spartobacteria on the grassed area after crop rotations with sweet clover and bromegrass decreased by 3.2 and 3.6 times, and the abundance of the relatively salt-loving *Cytophagia* increased by 1.6 and 2.4 times. In the sown meadow after crop rotation with sweet clover, a higher amount of complexly decomposable plant residues (mainly cereals) was observed, as evidenced by the increased content of acidobacteria. According to the abundance of the genera *Gaiella* from the class Thermoleophilia and *Microthricum* from the class Actinobacteria, the meliorative effect in terms of desalinization and aeration of solonchaks is greater in sweet clover than in bromegrass. Grassing increases mineralization activity and oligotrophic soil in solonchak on average in 20–40 cm layer more strongly than in 0–20 cm layer by 1.6–2.2 times. Potential microbiological humus accumulation under sown meadow decreases in the upper layer of the plot previously occupied by the rotation with sweet clover, and in the lower layer – by the rotation with bromegrass.

Keywords: medium solonchak, phytomelioration, fodder grasses, grassing, microbiome, 16S rRNA, soil biological activity

Для цитирования: Коробова Л.Н., Риксен В.С., Батурина О.А. Микробиоценоз солончака как индикатор изменения среды при замене кормовых севооборотов сеяным лугом // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 5–14. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-1>

For citation: Korobova L.N., Riksen V.S., Baturina O.A. Solonchak microbiocenosis as an indicator of environmental change when replacing forage crop rotations with sown meadow. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 5–14. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Солонцовые и солонцеватые участки степной Барабы характеризуются низкой продуктивностью природных угодий¹. Для ее улучшения и создания прочной кормовой базы в 80-х годах XX века учеными разработаны технологии выращивания кормовых трав, включающие набор засухо-, соле- и солонцезоустойчивых одно- и многолетних трав – фитомелиорантов и агротехнические способы улучшения свойств солонцов² [1].

Одно из первых мест в Барабе как фитомелиоранту было отведено доннику, а среди многолетних трав с высокими кормовыми достоинствами – кострецу безостому. В 1987 г.

на солонце среднем Барабы создан стационар Сибирского научно-исследовательского института кормов (СибНИИ кормов), где начали возделывать шестипольные севообороты с донником желтым и кострецом безостым. За три ротации под действием агробиологического метода произошла трансформация свойств солонцов³ [2], сделавшая их пригодными для создания высокопродуктивного долгодетного лугового агроценоза. В связи с этим часть севооборотной площади искусственно залужили травосмесью костреца безостого и люцерны синегибридной, что было сделано за 13 лет до данных исследований. Это позволило снизить трудозатраты

¹Константинов М.Д., Кучеренко А.М. Сроки и способы залужения солонцов Барабы // Кормопроизводство. 2000. № 4. С. 13–15.

²Константинов М.Д., Кухарь М.А. Улучшение свойств черноземно-луговых мелких солонцов в фитомелиоративных луговых севооборотах Западной Сибири // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2006. №. 6. С. 31–34.

³Константинов М.Д., Ломова Т.Г., Кухарь М.А. Фитомелиоративные луговые севообороты на солонцовых почвах Западной Сибири // Сибирское отделение РАН. 2011. 104 с.

при остающейся высокой урожайности используемых многолетних трав⁴. При этом актуальной стала задача оценки длительности сохранения положительных свойств солонцов, приобретенных под влиянием агробиологического метода мелиорации.

В настоящее время в литературе по этому поводу нет единого мнения. Возможно, что отсутствие послойной обработки почвы в течение ряда лет и генетические особенности солонцов постепенно приведут к возврату характеристик, лимитирующих продуктивность травостоя. Выявить это на ранних стадиях позволяет изучение почвенного микробного сообщества – его биологической активности и биоразнообразия. Чувствительность микрофлоры к малейшим изменениям физического и физико-химического состояния почв доказана во многих научных исследованиях⁵ [3–5]. Это сделало биологическую активность и численность отдельных эколого-трофических групп важным критерием оценки почвенного плодородия и показателем опасности применяемых в сельскохозяйственной практике агрохимикатов⁶.

Изучая микрофлору, можно судить о длительности положительного воздействия на солонец сеяных многолетних трав (залужения) в отсутствии механического разрушения солонцового горизонта и сопутствующего ему улучшения водно-воздушного режима почвы.

Цель исследования – сравнить изменения в ризосферной микрофлоре 13-летнего искусственного луга, лишённого механической обработки почвы, с состоянием микрофлоры в солонце среднем, возделанном с кормовыми севооборотами.

Задачи исследования:

- изучить микробиологическую составляющую солонца среднего;
- определить общее содержание солей в почве.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования стала микрофлора солонца лугового гидроморфного (Gleyic Solonetz Albic.), среднего, средненатриевого, столбчатого с содово-сульфатным типом засоления. Исследования провели на стационаре Сибирского научно-исследовательского института кормов Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СибНИИ кормов СФНЦА РАН) в Новосибирской области (55.389° с. ш., 78.927° в. д.). Опыт включал следующие варианты: 1) донник желтый в шестипольном севообороте (донник с покровной культурой суданской травой – донник второго года жизни – овес на зерносеяжке); 2) залужение люцерной с кострцом безостым после севооборота с донником; 3) кострец безостый в шестипольном севообороте (просо – просо + кострец – кострец 4 года); 4) залужение люцерной с кострцом безостым после севооборота с кострцом.

Почвенные образцы отбирали в 2016, 2018, 2019 и 2020 гг. после укоса в I декаде августа из ризосферы слоев 0–20 и 20–40 см. Для сравнения содержания солей почву отбирали также в целине (слои 0–15 и 15–40 см). Для классических микробиологических исследований составляли один смешанный образец, для метагеномного анализа (2020 г.) – четыре смешанных образца. Общее содержание солей в почве определяли с помощью кондуктометра КЛ-С-1 по показателю ЕС (удельной электропроводности) почвенной пасты, разведенной водой в соотношении 1 : 5⁷. Таксономическую принадлежность бактерий выявляли на базе ИХБФМ РАН в ЦКП «Геномика» (г. Новосибирск) методом высокопроизводительного секвенирования последовательностей участка V3–V4 гена

⁴Ломова Т.Г. Трансформация солонцов в плодородные земли // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы VI Международной научно-практической конференции, Горно-Алтайск, 8–11 июня 2017 г. Горно-Алтайск: Горно-Алтайский государственный университет. 2017. С. 29–33.

⁵Артамонова В.С. Микробиологические особенности антропогенно преобразованных почв Западной Сибири. Новосибирск: издательство СО РАН, 2002. 208 с.

⁶Микробиологические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв сельскохозяйственного назначения. М., 2003. 82 с.

⁷Зайдельман Ф.Р., Смирнова Л.Ф., Шваров А.П., Никифорова А.С. Практикум по курсу «Мелиорация почв». М.: Гриф и К. 2008. 66 с.

16S рРНК. Тотальную ДНК выделяли с помощью набора DNeasy PowerSoil Kit (Qiagen). Для механического разрушения образца использовали TissueLyser II (Qiagen) 10 мин при 30 Гц. Качество ДНК оценивали с помощью электрофореза в 1%-м агарозном геле, количество ДНК – на Quibit (Life Technologies) и на Nanodrop (Thermo Fisher Scientific). Участок V3–V4 гена 16S рРНК амплифицировали с помощью праймеров 343F (5'-CTCCTACGGRSGCAGCAG-3') и 806R (5'-GGACTACNVGGGTWTCTAAT-3'), содержащих адаптерные последовательности (Illumina), линкер и баркод⁸. Условия проведения амплификации и анализа полученных парных последовательностей соответствовали условиям, изложенным в работе [6]. Таксономическая принадлежность последовательностей OTU определялась с помощью SINTAX [7] с использованием 16S RDP training set v16 в качестве референсной базы⁹.

В классических микробиологических исследованиях методом предельных разведений на питательных средах изучали численность микроорганизмов, усваивающих органический азот (МПА), минеральный азот (КАА) и олигонитрофилов (ГА). Повторность посева одного образца – трех- и четырехкратная. Полученные данные статистически обработали, вычислив среднее квадратическое отклонение или НСР.

Используя выявленное обилие бактерий на МПА и КАА, рассчитали коэффициент потенциальной микробиологической трансформации органики в запасы гумуса $P_m = (МПА + КАА) \times (МПА / КАА)^{10}$, коэффициент минерализации $K_{мин.} = КАА / МПА$ и коэффициент олиготрофности $Колиготр. = ГА / МПА$.

Погодные условия в годы исследований существенно различались. Согласно гидротермическому коэффициенту Селянинова 2016 г. относился к увлажненным и теплым (ГТК = 1,01), 2018 г. – к увлажненным и хо-

лодным (ГТК = 1,87), 2019 и 2020 гг. были засушливыми и теплыми (ГТК = 0,74 и 0,65).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фитомелиоративное воздействие трав на солонцы во многом связано с их способностью извлекать из почвы кальций, который при отмирании корней заменяет в почвенно-поглощающем комплексе натрий. При этом в корневой зоне изменяется содержание солей, определяемое в международной практике по показателю ЕС.

Изменение физико-химических свойств трансформированного севооборотами солонца и солонца после длительного залужения по ЕС показано на рис. 1.

Установлено, что в почве с фитомелиоративными севооборотами (с применением агротехнических мероприятий) общие запасы солей за 30 лет в сравнении с исходной целиной значительно снизились. В слое почвы 0–20 см их количество уменьшилось в 3,8–4,4 раза, в слое 20–40 см – в 4,6–7,7 раза. Более резкие отличия от целинного солонца в показателе ЕС в нижнем слое вызваны агробиологической мелиорацией с использованием костреца безостого.

Постсевооборотное залужение части территории с севооборотами, проведенное в 2007 г., несколько снизило эффект рассоления к моменту данных исследований. В слое почвы 0–20 см это проявилось в последствии обоих севооборотов, но сильнее после севооборота с кострцом безостым. Здесь под травосмесью костреца и люцерны солей зарегистрировано больше в среднем на 9,3%. В солонце после донника количество солей на залужении увеличилось на 6,4%. В слое почвы 20–40 см возрастание ЕС отмечено только в последствии севооборота с кострцом (на 24,9%). В варианте с залужением после севооборота с донником сумма солей продолжала снижаться.

⁸Fadrosh D.W., Ma B., Gajer P., Sengamalai N., Ott S., Brotman R.M., Ravel J. An improved dual-indexing approach for multiplexed 16S rRNA gene sequencing on the Illumina MiSeq platform // Microbiome. 2014. 2(1): 6.

⁹Wang Q., Garrity G.M., Tiedje J.M., Cole J.R. Naive Bayesian classifier for rapid assignment of rRNA sequences into the new bacterial taxonomy // Applied and environmental microbiology. 2007. Vol. 73. N 16. P. 5261–5267.

¹⁰Муха В.Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов // Сборник научных трудов Харьковского СХИ. 1980. Т. 273. С. 13–16.

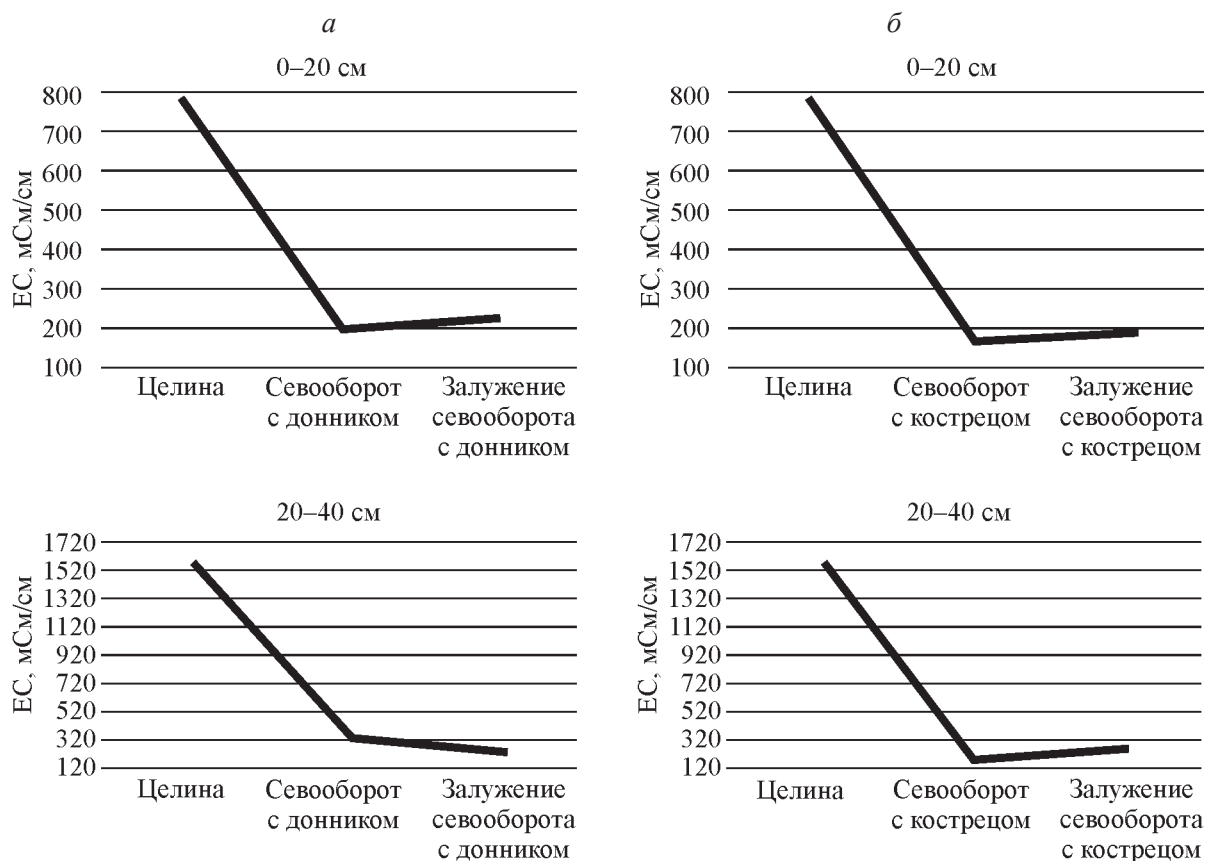


Рис. 1. Изменение содержания солей в солонце луговом гидроморфном среднем под влиянием кормовых севооборотов и их залужения (в среднем за 2018–2020 гг.):

а – севооборот с донником; *б* – севооборот с кострцом (в целине почва отобрана из слоев 0–15 и 15–40 см)

Fig. 1. Changes in the salt content in the medium meadow hydromorphic solonetz under the influence of fodder crop rotations and their grassing (average for 2018–2020):

а – crop rotation with sweet clover; *б* – crop rotation with brome (the soil is sampled from 0–15 and 15–40 cm of virgin soil)

Выявленные изменения в засолении почвы под травосмесью кострца с люцерной в отсутствии механического разрушения солонцового горизонта нашли отражение в представительстве солеустойчивых и солечувствительных бактерий. Секвенирование 16S рРНК ампликонов выявило шесть бактериальных классов, изменившихся в ризосфере растений под влиянием постсевооборотного залужения (см. табл. 1). Эти классы имели, как минимум, 0,1% последовательностей среди четырех изученных вариантов и четырех повторений каждого их них.

Наибольший отклик на залужение обнаружен у классов ацидобактерий из филы *Acidobacteria* и спартобактерий из *Verrucomicrobia*. Содержание ацидобактерий в солонце луга по сравнению с севооборотом с донником увеличилось в 1,5 раза. Они обладают выраженной адаптационной способностью к получению питательных веществ из сложных органических субстратов¹¹. В нашем случае – из остатков злаков после отмирания злаково-бобовой растительности луга, которых в севообороте суданка + донник – донник второго года жизни – овес было

¹¹Ward N.L., Challacombe J.F., Janssen P.H., Henrissat B., Coutinho P.M., Wu M., Kuske C.R. Three genomes from the phylum Acidobacteria provide insight into the lifestyles of these microorganisms in soils // Appl. Environ. Microbiol. 2009. Vol. 75 (7). P. 2046–2056.

Табл. 1. Относительное обилие классов бактерий, регулируемых постсевооборотным залужением в агрогенно измененном солонце среднем (слой почвы 0–20 см)

Table 1. Relative abundance of bacterial classes regulated by post-rotation grassing in agrogenerically modified medium solonetz (soil layer 0–20 cm)

Класс	Севооборот с донником	Последствие севооборота с донником	Севооборот с кострецом	Последствие севооборота с кострецом
<i>Acidobacteria</i>	28,1 ± 1,1	42,0 ± 0,8	36,6 ± 1,9	41,3 ± 1,8
<i>Spartobacteria</i>	9,3 ± 1,8	2,6 ± 0,8	13,9 ± 1,3	4,3 ± 0,9
<i>Thermoleophilia</i>	4,2 ± 0,4	6,0 ± 0,3	2,4 ± 0,3	4,9 ± 0,2
<i>Gemmatimonadetes</i>	4,5 ± 0,5	2,1 ± 0,4	3,3 ± 0,2	2,1 ± 0,2
<i>Blastocatellia</i>	3,9 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,2 ± 0,2
<i>Cytophagia</i>	0,2 ± 0,04	0,32 ± 0,03	0,12 ± 0,03	0,28 ± 0,07

гораздо меньше. В солонце луга после севооборота с кострецом ацидобактерий стало больше только на 11%, что тоже свидетельствует в пользу объяснения увеличения ацидобактерий на залужении.

Снижение в 3,2–3,6 раза под сеяным лугом численности почвенных *Spartobacteria* свидетельствует об увеличении солонцеватости почвы относительно трансформированного кормовыми севооборотами солонца. Спартобактерии имеют ярко выраженную непереносимость соли [8], такие условия почвенной среды складываются на залужении, что препятствует размножению данных бактерий.

Вторичное засоление идет слабее в солонце, трансформированном севооборотом с донником и затем залуженном, чем на залужении после севооборота с кострецом (см. рис. 1). Об этом же свидетельствует представительство *Cytophagia*. Известно, что эти бактерии положительно и тесно связаны с катионами почвы, а также с уровнем содержания в ней солей [9]. В нашем случае на участке сеяного луга обилие ризосферных *Cytophagia* после севооборота с донником увеличилось только в 1,6 раза, а после севооборота с кострецом – в 2,4 раза (что коррелирует с увеличением значений ЕС на 6,4 и 9,3%).

При возрастающем содержании солей в залуженном солонце становятся лучше кислотно-щелочные условия и теряется излишняя

влага. Индикатором этих изменений можно считать сниженное представительство классов бластокателлий из филы *Acidobacteria* [10] и *Gemmatimonadetes* из одноименного фила¹². Однако улучшение кислотно-щелочного баланса и аэрации, судя по численности данных индикаторных микроорганизмов, более характерно для участка постсевооборотного залужения с донником.

Нагляднее иллюстрировать возвратные изменения под травосмесью луга (без механических обработок) относительно почвы, занятой кормовыми севооборотами, позволяет рассмотрение филы *Actinobacteria*. Фила входит в тройку доминирующих в микробиоме и является индикатором условий влажности¹³, аэрации и засоления почвы.

В составе филы нами выделено 10 родов, наиболее заметно различающихся по относительной численности между изучаемыми вариантами (см. рис. 2).

Установлено, что наибольший вклад в измененную залужением численность актинобактерий вносят роды *Gaiella* из класса *Thermoleophilia* и *Microlunatus* из класса *Actinobacteria*. Их обилие на залужении возрастает соответственно в 2,1 и 4,5 раза и в 2,0 и 3,9 раза (см. рис. 2, а и б). Больше бактерий *Gaiella* выявлено в солонце среднем, занятом донником, и в его последствии. Так как *Gaiella* чувствительны к наличию

¹² DeBruyn J., Nixon L., Fawaz M., Johnson M., Radosevich M. Global Biogeography and Quantitative Season Dynamics of Gemmatimonadetes in Soil // Appl. Environ. Microbiol. 2011. Vol. 77. N 17. P. 6295–6300.

¹³ Chirak E.L., Pershina E.V., Dol'nik A.S., Kutovaya O.V., Vasilenko E.S., Kogut B.M., Merzlyakova Ya.V., Andronov E.E. Taxonomic structure of microbial association in different soils investigated by high-throughput sequencing of 16s-rna gene library // Agricultural Biology. 2013. N 3. P. 100–109.

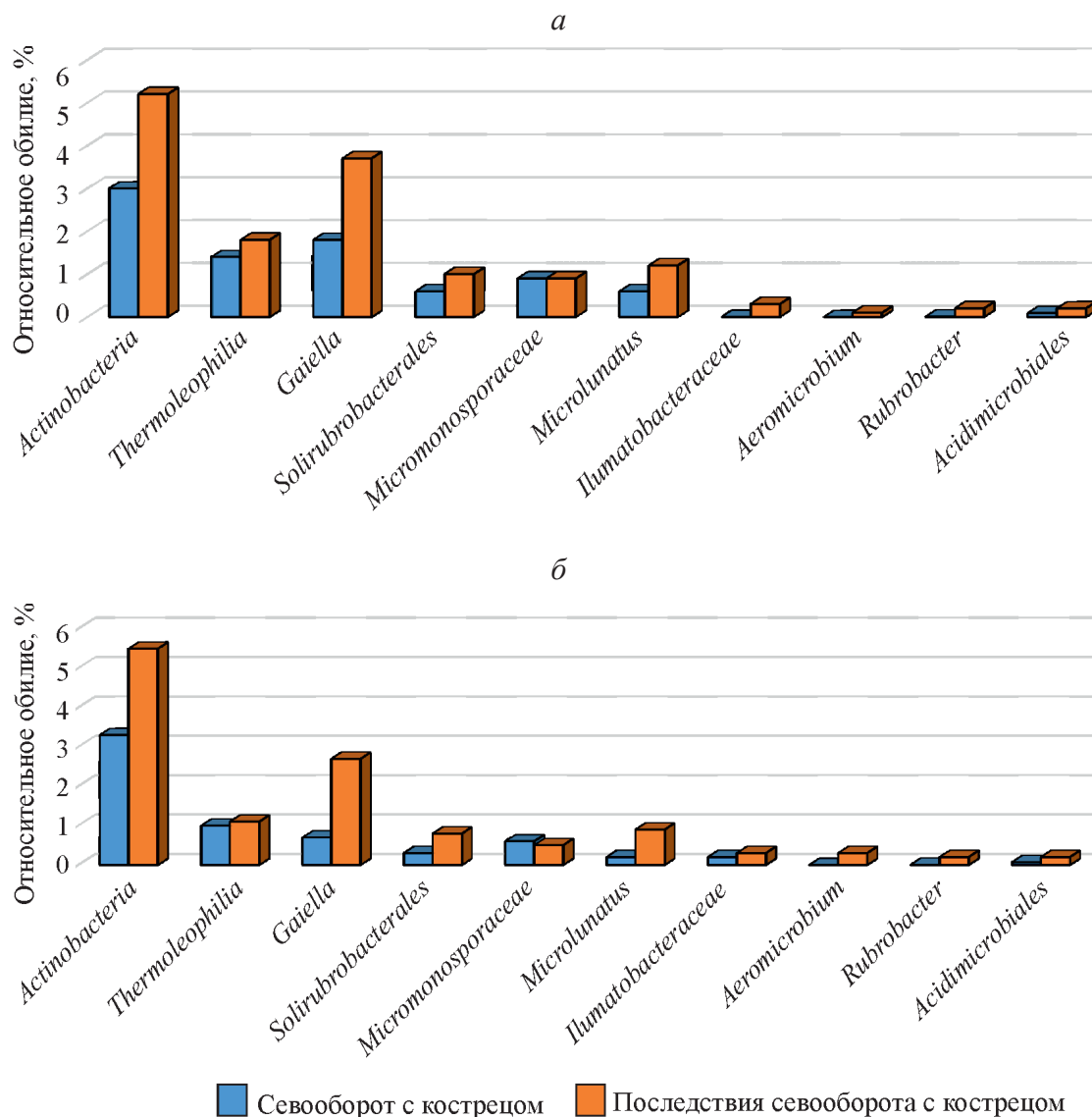


Рис. 2. Разнообразие фила *Actinobacteria* и представительство ее родов в солонце среднем под севооборотами и на залужении (слой 0–20 см):

a – влияние севооборота с донником, *б* – влияние севооборота с кострцом

Fig. 2. Diversity of the phylum *Actinobacteria* and the representation of its genera in the medium solonetz under crop rotations and on grassing (layer 0–20 cm):

a – the effect of the crop rotation with sweet clover, *б* – the effect of the crop rotation with brome

натрия¹⁴, можно утверждать, что у донника мелиоративный эффект в отношении рассоления почвы больше, чем у костреца. Сильнее, чем кострец, донник также рыхлит почву. Индикатором лучшего режима аэрации является численность актинобактерий из рода *Microlunatus*. Он относится к порядку *Propionibacteriales*, отличающемуся толерантностью к низким концентрациям кислорода или полной анаэробностью. Увели-

чение в агрогенном солонце на залужении таких представителей из этого семейства, как *Microlunatus* и *Aeromicrobium*, свидетельствует о меньшем содержании кислорода в сеяном лугу по сравнению с кормовыми севооборотами, где есть обработка почвы, и особенно в последствии костреца.

Микрофлора почвы является не только индикаторным показателем плодородия почвы, но и сама участвует в его создании. Показате-

¹⁴Albuquerque, L., da Costa, M. S. The family gaiellaceae // The prokaryotes. 2014. P. 357–360.

лями оптимизации потенциального почвенного плодородия принято считать увеличение запасов органического вещества в почве (гумусообразование), оптимизации эффективного плодородия – скорость минерализации органических остатков. Оба процесса связаны с микробиологической деятельностью, а уровень ее участия в первом приближении отражают Пм и Кмин.

Данные по активности минерализации свидетельствуют, что в солонце среднем на залужении разложение органических веществ в почвенном слое 0–20 см шло активнее, чем под севооборотами, в 1,5–2,6 раза (см. табл. 2). Это соотносится с изменением обилия класса ацидобактерий – гидролитиков органики – в залуженных вариантах (см. табл. 1).

Альтернативой снижению активности минерализации является гумусонакопление. Именно из-за сниженной минерализационной активности возделывание трав-фитомелиорантов в севооборотах способствовало микробиологической трансформации растительных остатков в органическое вещество почвы. В варианте «севооборот с донником» потенциальное микробиологическое гумусообразование (Пм) превосходило вариант с залужением в 2 раза, в варианте «севооборот с кострцом» в слое почвы 0–20 см было на уровне сеяного луга.

Следует отметить, что верхний слой среднего солонца под злаково-бобовой смесью на сеяном лугу обильнее заселен олиготрофными микробами: их больше по сравнению с севооборотами в 1,7 и 2,6 раза. Олиготрофилы присутствуют только в средах с остаточным количеством азота. Это значит, что под севооборотами преобладала копиотрофная почвенная микрофлора, обитающая в богатых питанием почвах. В пользу такого вывода свидетельствует меньшая встречаемость здесь бактерий олиготрофного класса *Thermoleophilia* (см. табл. 1) [11].

Выявленные в слое фитомелиорированного солонца 0–20 см закономерности в изменении микробиологических процессов проявились и в слое 20–40 см. Но здесь отличия севооборотов от сеяного луга были сильнее. Разница в коэффициентах минерализации между залуженным участком и севооборотом с донником достигла 3,2 раза, в коэффициенте олиготрофности – 3,1 раза. Потенциальное гумусонакопление (Пм) в слое почвы 20–40 см соответствовало слою 0–20 см.

Разница в минерализационной активности между залуженным участком и севооборотом с кострцом в нижнем слое увеличилась до 5,8 раза, в олиготрофности почвы – до 4,1 раза. В отличие от верхнего слоя солонца среднего в слое 20–40 см между залуже-

Табл. 2. Изменение активности микрофлоры в солонце среднем, залуженном после кормовых севооборотов, относительно занятого севооборотами (среднее за 4 года исследований, слои почвы 0–20 и 20–40 см)

Table 2. Changes in the activity of microflora in the medium solonetz, grassed after fodder crop rotations, relative to those occupied by crop rotations (average over 4 years of research, layers 0–20 and 20–40 cm)

Показатель	Севооборот с донником	Последствие севооборота с донником	Севооборот с кострцом	Последствие севооборота с кострцом
<i>Слой почвы 0–20 см</i>				
Кминерализации	3,7	9,5*	6,4	9,6*
Пм**	7,1	3,5*	6,3	5,6
Колиготрофности	0,5	1,3*	1,1	1,9*
<i>Слой почвы 20–40 см</i>				
Кминерализации	1,4	4,5*	1,2	6,9*
Пм**	22,3	12,5*	30,7	12,6*
Колиготрофности	4,3	13,5*	8,7	35,8*

* $p_{0,05}$ по сравнению с вариантами с севооборотами.

**Пм – коэффициент потенциальной микробиологической трансформации органики в запасы гумуса.

нием и севооборотом с кострцом появились различия в показателе потенциального микробиологического гумусонакопления – Пм уменьшился в 2,4 раза.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что возделывание в течение 30 лет фитомелиоративных севооборотов с донником и кострцом существенно снижает в солонце средние общие запасы солей в сравнении с целиной: в слое почвы 0–20 см в 3,8 и 4,4 раза, в слое 20–40 см в 4,6 и 7,7 раза. Более резкие отличия в показателе ЕС в нижнем слое вызваны возделыванием кострца безостого.

2. Постсевооборотное залужение травосмесью кострца и люцерны уменьшает эффект рассоления в измененном севооборотах солонце. В слое почвы 0–20 см за 13 лет ЕС увеличивается на 6,4% на участке сеяного луга после севооборота с донником и на 9,3% – после севооборота с кострцом. В слое почвы 20–40 см возрастание ЕС отмечено только в последствии севооборота с кострцом (+24,9%).

3. Индикатором увеличения солонцеватости исходного, трансформированного кормовыми севооборотами, солонца под сеяным лугом стали классы бактерий *Spartobacteria* и *Cytophagia*. Обилие мало переносящих соль спартобактерий на залуженном участке снизилось в 3,2 и 3,6 раза, а относительно солелюбивых *Cytophagia* увеличилось в 1,6 и 2,4 раза после севооборотов с донником и кострцом соответственно.

4. У донника, судя по численности *Gaiella* из класса *Thermoleophilia* и *Microtholus* из класса *Actinobacteria*, мелиоративный эффект в отношении рассоления и аэрации почвы больше, чем у кострца.

5. В сеяном лугу после севооборота с донником становится больше сложно разлагаемых растительных остатков (преимущественно злаков), о чем свидетельствует содержание ацидобактерий. Оно увеличивается по сравнению с донниковым севооборотом в 1,5 раза, а с севооборотом с кострцом на 11%.

6. Залужение увеличивает в солонце среднюю активность минерализации и олиготрофность почвы. Эти изменения характерны для

слоев почвы 0–20 и 20–40 см, но в 1,6–2,2 раза сильнее проявляются в нижнем слое почвы. На залужении снижается потенциальное микробиологическое гумусонакопление. На участке после севооборота с донником это проявляется в слое солонца 0–20 см, после севооборота с кострцом – в слое 20–40 см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семендяева Н.В., Ломова Т.Г., Утенков Г.Л. Научное обеспечение сельскохозяйственного освоения солонцовых почв юга Западной Сибири за период с 1969 по 2014 г. // Вестник НГАУ. 2015. № 1. С. 7–22.
2. Ломова Т.Г., Коробова Л.Н. Фитомелиоративное окультуривание солонцов Барабы и его влияние на биологическую активность почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. № 1. С. 12–18.
3. Пуртова Л.Н., Киселева И.В. Влияние фитомелиорации на показатели плодородия и интегральное отражение агрогенных почв Приморья // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2019. № 1 (203). С. 51–57. DOI: 10.25808/08697698.2019.203.1.006.
4. Gao W., Xu J., Zhao J., Zhang H., Ni Y., Zhao B., Tebbe C., Zhang J., Jia Z. Prokaryotic community assembly after 40 years of soda solonch restoration by natural grassland and reclaimed farmland // European Journal of Soil Biology. 2020. Vol. 100. P. 103213.
5. Коробова Л.Н., Риксен В.С. Залужение как экологический фактор трансформации солонца и его микрофлоры // Принципы экологии. 2022. № 2 (44). С. 58–67.
6. Naumova N.B., Belanov I.P., Alikina T.Y., Kabilov M.R. Undisturbed Soil Pedon under Birch Forest: Characterization of Microbiome in Genetic Horizons // Soil Systems. 2021. Vol. 5 (1). P. 14.
7. Edgar R. C. SINTAX: a simple non-Bayesian taxonomy classifier for 16S and ITS sequences // Biorxiv. 2016. P. 074161.
8. Johnson W.H., Douglas M.R., Lewis J.A., Stuecker T.N., Carbonero F.G., Austin B.J., Douglas M.E. Do biofilm communities respond to the chemical signatures of fracking? A test involving streams in North-central Arkansas // BMC microbiology. 2017. Vol. 17. P. 1–12.
9. Szymańska S., Borruso L., Brusetti L., Hulisz P., Furtado B., Hryniewicz K. Bacterial microbi-

- ome of root-associated endophytes of *Salicornia europaea* in correspondence to different levels of salinity // *Environmental Science and Pollution Research*. 2018. Vol. 25 (25). P. 25420–25431.
10. Huber K.J., Vieira S., Sikorski J., Wüst P.K., Fösel B.U., Groengroeft A., Overmann J. Differential response of *Acidobacteria* to water content, soil type, and land use during an extended drought in African savannah soils // *Frontiers in Microbiology*. 2022. Vol. 13. P. 247.
 11. Sun Q., Guo S., Wang R., Song J. Responses of bacterial communities and their carbon dynamics to subsoil exposure on the Loess Plateau // *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 756. P. 144146.
- ## REFERENCES
1. Semendyaeva N.V., Lomova T.G., Utenkov G.L. Scientific grounds of agricultural alkaline soil development in the south of Western Siberia from 1969 to 2014. *Vestnik NSAU = Bulletin of NSAU*, 2015, no. 1, pp. 7–22. (In Russian).
 2. Lomova T. G., Korobova L. N. Phyto-reclamation domestication of solonchaks soils of Baraba and its effect on the biological activity of soil. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2015, no. 1, pp. 12–18. (In Russian).
 3. Purtova L.N., Kiseleva I.V. Influence of phytomelioration on fertility indicators and integral reflection of agrogenic soils of Primorye. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk = Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences*, 2019, no. 1 (203), pp. 51–57. (In Russian). DOI: 10.25808/08697698.2019.203.1.006.
 4. Gao W., Xu J., Zhao J., Zhang H., Ni Y., Zhao B., Tebbe C., Zhang J., Jia Z. Prokaryotic community assembly after 40 years of soda solonchak restoration by natural grassland and reclaimed farmland. *European Journal of Soil Biology*, 2020, vol. 100, p. 103213.
 5. Korobova L.N., Riksen V.S. Grassing as an ecological factor in the transformation of solonchak and its microflora. *Printsiipy ekologii = Principles of the Ecology*, 2022, no. 2 (44), pp. 58–67. (In Russian).
 6. Naumova N.B., Belanov I.P., Alikina T.Y., Kabilov M.R. Undisturbed Soil Pedon under Birch Forest: Characterization of Microbiome in Genetic Horizons. *Soil Systems*, 2021, vol. 5 (1), p. 14.
 7. Edgar R. C. SINTAX: a simple non-Bayesian taxonomy classifier for 16S and ITS sequences, *Biorxiv*, 2016, p. 074161.
 8. Johnson W.H., Douglas M.R., Lewis J.A., Stuecker T.N., Carbonero F.G., Austin B.J., Douglas M.E. Do biofilm communities respond to the chemical signatures of fracking? A test involving streams in North-central Arkansas. *BMC microbiology*, 2017, vol. 17, pp. 1–12.
 9. Szymańska S., Borruso L., Brusetti L., Hulisz P., Furtado B., Hryniewicz K. Bacterial microbiome of root-associated endophytes of *Salicornia europaea* in correspondence to different levels of salinity. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, vol. 25 (25), pp. 25420–25431.
 10. Huber K.J., Vieira S., Sikorski J., Wüst P.K., Fösel B.U., Groengroeft A., Overmann J. Differential response of *Acidobacteria* to water content, soil type, and land use during an extended drought in African savannah soils. *Frontiers in Microbiology*, 2022, vol. 13, p. 247.
 11. Sun Q., Guo S., Wang R., Song J. Responses of bacterial communities and their carbon dynamics to subsoil exposure on the Loess Plateau. *Science of the Total Environment*, 2021, vol. 756, p. 144146.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Коробова Л.Н., доктор биологических наук, профессор

✉ **Риксен В.С.**, младший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: Riclog@mail.ru

Батурина О.А., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Larisa N. Korobova, Doctor of Science in Biology, Professor

✉ **Vera S. Riksen**, Junior Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: Riclog@mail.ru

Olga A. Baturina, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 06.07.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 05.08.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-2>

УДК: 615.322

Тип статьи: обзорная

Type of article: review

АСПЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

(✉) Разгонова М.П.^{1, 2}, Сенотрусова Т.А.², Ли Н.Г.², Тимощенко Е.Е.³,
Мурзина О.Г.⁴, Русакова Е.А.⁴, Голохваст К.С.^{1, 5}

¹Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова»

Санкт-Петербург, Россия

²Дальневосточный федеральный университет, Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем»

Владивосток, Россия

³Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Магадан, Россия

⁴Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Камчатский край, Россия

⁵Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉) e-mail: Razgonova.mp@dvfu.ru

Представлено видовое разнообразие дикорастущих ягодных растений Дальнего Востока. Рассмотрены перспективные источники биологически активных веществ, а также щадящие и эффективные способы экстрагирования данных веществ. В Дальневосточном регионе ежегодно произрастает значительное число возобновляемых растительных биоресурсов. Большинство описанных в работе ягодных растений обладают потенциалом для промышленной заготовки. Учеными региона проводятся селекционные работы по сохранению и увеличению сортового разнообразия жимолости камчатской. Продолжается перенос ценных форм жимолости из дикой природы в культуру для включения их в селекционный процесс. Представлены полученные сорта жимолости, их характеристика и урожайность. Растущий интерес вызывают антоциановые пигменты ягод и возможность использования их в качестве натуральных пищевых красителей. К числу видов дикорастущих растений Магаданской области и Чукотского автономного округа, которые представляют собой потенциальные источники антоцианов, относятся голубика болотная (*Vaccinium uliginosum*), различные виды смородины (*Ribes fragrans* P., *R. acidum*, *R. dicuscha*, *R. triste* Pallas), жимолость (*L. chamissoi* Bunge ex kirillon, *L. edulis* Turezani now ex Freyn) и другие дикорастущие ягоды. Значимой задачей является модификация и разработка новых способов экстрагирования биоактивных соединений из растительного сырья. Предложено использование высокоэффективного и экологически безопасного способа экстракции – сверхкритической флюидной CO₂-экстракции. Использование сверхкритического диоксида углерода в комплексе с другими растворителями позволяет с большей полнотой провести извлечение биологически активных соединений из растительных матриц. Исследования, посвященные интенсификации процессов извлечения экстрактивных соединений из дикорастущих ягод Дальнего Востока и их последующей идентификации, позволят сформировать научно обоснованный комплексный подход к переработке плодово-ягодного дикорастущего сырья для пищевой и биотехнологической промышленности.

Ключевые слова: дикорастущие ягодные растения Дальнего Востока, растительные полифенолы, растительные пигменты, антоцианы, антиоксиданты, жимолость

ASPECTS OF COMPLEX PROCESSING OF FAR EASTERN BERRY CROPS

✉ Razgonova M.P.^{1,2}, Senotrusova T.A.², Li N.G.², Timoschenko E.E.³,
Murzina O.G.⁴, Rusakova E.A.⁴, Golokhvast K.S.^{1,5}

¹Federal Research Center “All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov”
Saint Petersburg, Russia

²Far Eastern Federal University, Advanced Engineering School “Institute of Biotechnology,
Bioengineering and Food Systems”
Vladivostok, Russia

³Magadan Research Institute of Agriculture
Magadan, Russia

⁴Kamchatka Research Institute of Agriculture
Kamchatka Territory, Russia

⁵Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: Razgonova.mp@dvfu.ru

The species diversity of wild berry plants of the Far East is presented. Promising sources of biologically active substances, as well as gentle and effective methods of extraction of these substances are considered. A significant number of renewable plant bioresources grow annually in the Far Eastern region, most of the berry plants described in this paper have the potential for industrial harvesting. Scientists of the region carry out breeding works on preservation and increase of the varietal diversity of Kamchatka honeysuckle. The transfer of valuable forms of honeysuckle from the wild to culture for inclusion in the breeding process is in progress. The obtained honeysuckle varieties, their characteristics and yields are presented. There is growing interest in the anthocyanin pigments of the berries and the possibility of using them as natural food colors. Wild plant species of the Magadan region and Chukotka Autonomous Okrug that represent potential sources of anthocyanins include bog blueberry (*Vaccinium uliginosum*), various currant species (*Ribes fragrans* P., *R. acidum*, *R. ducosha*, *R. triste* Pallas), honeysuckle (*L. chamissoi* Bunge ex Kirillon, *L. edulis* Turczaninow ex Freyn) and other wild berries. A significant task is the modification and development of new methods of extraction of bioactive compounds from plant raw materials. The use of a highly efficient and environmentally safe extraction method – supercritical fluid CO₂ extraction – is proposed. The use of supercritical carbon dioxide in combination with other solvents allows for a more complete extraction of biologically active compounds from plant matrices. Studies devoted to the intensification of the processes of extractive compounds extraction from wild berries of the Far East and their subsequent identification will allow to form a scientifically grounded complex approach to the processing of wild fruit and berry raw materials for food and biotechnological industry.

Keywords: wild berry plants of the Far East, plant polyphenols, plant pigments, anthocyanins, antioxidants, honeysuckle

Для цитирования: Разгонова М.П., Сеноотрусова Т.А., Ли Н.Г., Тимошенко Е.Е., Мурзина О.Г., Русакова Е.А., Голохваст К.С. Аспекты комплексной переработки дальневосточных ягодных культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 15–26. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-2>

For citation: Razgonova M.P., Senotrusova T.A., Li N.G., Timoschenko E.E., Murzina O.G., Rusakova E.A., Golokhvast K.S. Aspects of complex processing of Far Eastern berry crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 15–26. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа поддержана ФБГНУ ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» на средства гранта РФ № 23-74-00044 по Соглашению № 23-74-00044 от 13 апреля 2023 г.

Acknowledgements

This work was supported by the FSBSI FRC “All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov” with the RSF grant No. 23-74-00044 under the Agreement No. 23-74-00044 dated April 13, 2023.

Одной из популярных групп съедобных дикорастущих растений среди населения являются ягодные, которые представляют интерес в качестве перспективного сырья для пищевой, биотехнологической, косметической, фармацевтической и других отраслей промышленности. Среди данных растений обладают приятными органолептическими характеристиками следующие виды: дикая земляника, ирга, черника, ежевика, малина и др.¹ [1, 2].

Большинство дикорастущих ягод и плодов богаты источниками биоактивных веществ (витамины, полифенольные комплексы, макро- и микроэлементы и др.). Например, клюква и дикая черника обладают высоким содержанием флавоноидов, которые могут оказывать протекторное действие на организм человека и использоваться в качестве нутрицевтиков и функциональных пищевых ингредиентов [1, 3]. В Дальневосточном регионе России ежегодно произрастает значительное число возобновляемых растительных биоресурсов. Биологические запасы плодов ягодных растений Магаданской области и Камчатского края, а также степень их использования человеком – важнейшие характеристики для оценки ресурсного потенциала и возможности комплексной переработки, в том числе использования в агро- и пищевых биотехнологиях.

Промышленная переработка плодов ягодных растений включает комплексный подход, что важно для рационального использования биологических ресурсов. Перспективно получать биологически активные вещества (БАВ) из плодов ягодных растений, в том числе не пригодных к употреблению по органолептическим признакам. В связи с этим необходимо определить наиболее перспективный способ экстрагирования БАВ, в том числе полифенольных комплексов, который позволит сохранить свойства БАВ и обеспе-

чить достаточный выход веществ. При определении наиболее перспективного способа экстрагирования существует ряд недостатков и ограничений: например, БАВ из растительных матриц довольно трудно извлекать ввиду небольшой массовой доли; примерами таких растительных матриц могут быть эфиромасличные и лекарственные растения. Также важно учитывать ограничения и недостатки при пробоподготовке в процессе жидкостной экстракции: длительный процесс, низкую производительность, необходимость дополнительного освобождения целевых веществ от растворителей, которые не допускаются к использованию в пищевой и кормовой промышленности, низкую селективность и ограниченные возможности управления ею в процессе экстракции, использование для анализа лишь небольшой части экстракта и др.

В связи этим перспективно применение метода сверхкритической флюидной экстракции. По сравнению с другими методами данный способ обладает рядом преимуществ: возможностью проводить селективную экстракцию путем изменения температуры и давления флюида; снижением риска искажения состава пробы за счет попадания различных примесей, привнесенных с растворителем (диоксид углерода, оксид азота (I)) в связи с тем, что его чистота значительно выше, чем любого органического растворителя; упрощением процесса экстрагирования и извлечения целевых веществ из экстракта^{2, 3}.

С целью использования БАВ, полученных из экстрактов в агро- и пищевых биотехнологиях, важно использовать наиболее безопасные для человека и животных экстрагенты. По сравнению с другими возможными сверхкритическими растворителями диоксид углерода обладает нетоксичностью, негорючестью, экологичностью и возобновляемостью данного ресурса (см. сноски 2, 3). В результате изложенного выше перспектив-

¹Хохряков А.П. Анализ флоры Колымского нагорья / отв. ред. В.Н. Павлов; ДОР АН СССР, Институт биологических проблем Севера. М.: Наука, 1989. 152 с.

²Касьянов Г.И., Стасьева О.Н., Латин Н.Н. До- и сверхкритическая экстракция: достоинства и недостатки // Пищевая промышленность. 2005. № 1. С. 36–39.

³Покровский О. Пробоподготовка в химическом анализе методом сверхкритической флюидной экстракции // Методология. 2013. № 6. С. 22–27.

но применять сверхкритическую флюидную CO₂-экстракцию.

Цель исследования – рассмотреть биопотенциал ягодных культур Магаданской области и Камчатского края.

Применены стандартные методы исследований, в том числе метод аналитической селекции, способы размножения зелеными черенками «с пяткой» и одревесневшими черенками с верхушкой. Содержание сухих

веществ (%) термогравиметрическим методом по ГОСТ 29031–91, растворимых сахаров (%) – перманганатным методом по ГОСТ 8756.13–87, аскорбиновой кислоты (%) – титриметрическим методом в пересчете на лимонную кислоту по ГОСТ 24556–89.

В настоящее время описаны перспективные к использованию в пищевых биотехнологиях дикорастущие ягодные растения Магаданской области, внешний вид которых представлен на рис. 1–8.



Рис. 1. Брусника (*Rhodococcum avrorin*)

Fig. 1. Lingonberry (*Rhodococcum avrorin*)



Рис. 4. Рябина сибирская (*Sorbus sibirica* Hedlung)

Fig. 4. Siberian mountain ash (*Sorbus sibirica* Hedlung)



Рис. 2. Голубика (*Vaccinium uliginosum*)

Fig. 2. Bog Blueberry (*Vaccinium uliginosum*)



Рис. 5. Черемуха (*Padus* Miller)

Fig. 5. Bird cherry (*Padus* Miller)



Рис. 3. Малина обыкновенная (*Rubus stellatus* Smith)

Fig. 3. Common raspberry (*Rubus stellatus* Smith)

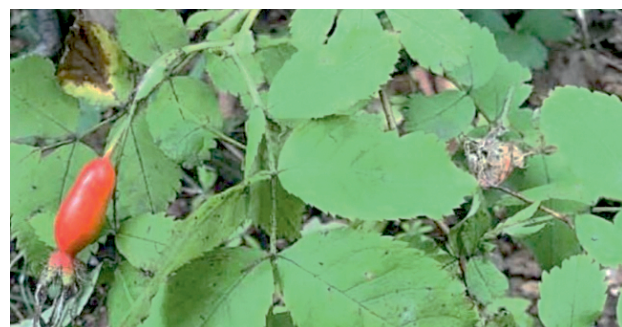


Рис. 6. Шиповник (*Rosa jacutica* Juzepczuk)

Fig. 6. Wild rose (*Rosa jacutica* Juzepczuk)



Рис. 7. Смородина черная (*Ribes nigrum* Sibilla)
Fig. 7. Black currant (*Ribes nigrum* Sibilla)



Рис. 8. Смородина печальная (*Ribes triste* Pallas)
Fig. 8. Swamp red currant (*Ribes triste* Pallas)

Также представляют интерес ягодные растения, произрастающие на полуострове (см. рис. 9–13).

Ежегодный биологический запас наиболее распространенных дикорастущих съедобных ягодных растений Магаданской области оценивается в пределах в 130 тыс. т – 6,2% от общего запаса ягод на всей территории Дальнего Востока России; в Чукотском крае запасы ягод производственного фонда составляют 14,5 тыс. т – 1% от общего запаса ягод на всей территории Дальнего Востока [2, 4].



Рис. 9. Малина приземистая, морошка (*Rubus chamaemorus* L.)
Fig. 9. Fen berry, cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.)

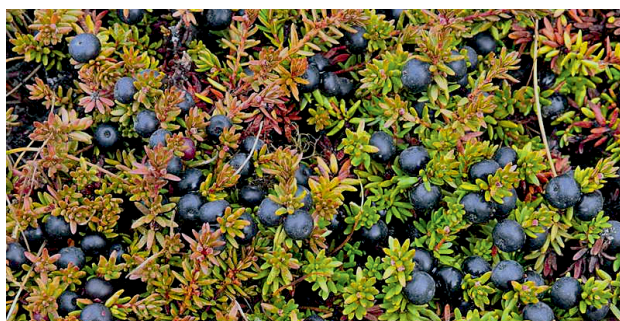


Рис. 10. Шикша водяная, сибирская (*Empetrum sibiricum* V. Vasiliev)

Fig. 10. Water crowberry, Siberian (*Empetrum sibiricum* V. Vasiliev)



Рис. 11. Смородина дикуша, алданский виноград (*Ribes dicuscha* Fischer ex Turczaninow)

Fig. 11. Dikusha currant, Aldan grape (*Ribes dicuscha* Fischer ex Turczaninow)



Рис. 12. Жимолость съедобная, камчатская (*Lonicera edulis* Turczaninow ex Freyn)

Fig. 12. Edible honeysuckle, Kamchatka (*Lonicera edulis* Turczaninow ex Freyn)



Рис. 13. Шиповник (*Rosa acicularis* Lindley)
Fig. 13. Wild rose (*Rosa acicularis* Lindley)

Известно, что плоды и ягоды дикорастущих ягодных растений, например, смородина, богаты провитаминами, витаминами, полифенольными комплексами и др. (см. табл. 1).

Можно сделать вывод, что сырьевой потенциал дикорастущих ягод Дальневосточного региона обладает достаточными объемами для промышленной переработки с целью выделения биологически активных соединений и их использования в разработке БАД, а также в биотехнологии пищевых продуктов.

Значимое место при выращивании и селекции ягод Дальневосточного региона занимает расположенный в юго-восточной зоне полуострова Камчатка опытный участок Камчатского научно-исследовательского института сельского хозяйства, где проводят многолетние исследования жимолости камчатской (*Lonicera kamtschatica* (Sevast.) Rojark), которая встречается во всех районах края⁴ [5].

Результаты современных научных исследований показывают высокую пищевую ценность и профилактические свойства жимолости камчатской. В ее плодах содержатся витамин С, каротиноиды, витамины группы В и Р-активные полифенолы, которые определяют высокую антиоксидантную активность. Десертный вкус плодов отдельных видов и форм жимолости обусловлен повышенным содержанием сахаров при довольно низкой кислотности. В состав сахаров входят глюкоза, фруктоза, галактоза и рамноза. В плодах жимолости присутствуют такие макроэлементы, как калий, фосфор, кальций,

натрий, магний, железо, кремний, а также микроэлементы медь, цинк, стронций, барий и йод [3, 5–7].

На базе Камчатского НИИСХ исследовательскую работу по изучению исходного материала жимолости и выделению высокоурожайных форм для введения жимолости в культуру проводят методом аналитической селекции (см. рис. 14).

В настоящее время продолжается перенос ценных форм жимолости из дикой природы в культуру для включения их в селекционный процесс. Главная задача селекции жимолости камчатской – сохранение и мобилизация ее биоразнообразия. Особая актуальность данной задачи обусловлена возрастающей антропогенной нагрузкой на места естественного произрастания жимолости на Камчатке [8, 9]. Цель селекционной работы в Камчатском НИИСХ – совершенствование сортимента жимолости и создание новых перспективных скороплодных сортов с высокой продуктивностью и качеством плодов.



Рис. 14. Селекционный питомник Камчатского НИИСХ

Fig. 14. Selection nursery of the Kamchatka Research Institute of Agriculture

Табл. 1. Химический состав смородины (*Ribes vulgare*), %

Table 1. Currant chemical composition (*Ribes vulgare*), %

Показатель	Содержание
Сухие вещества	14,26 ± 0,26
Углеводы	6,33 ± 0,21
Аскорбиновая кислота	34,83 ± 5,24
Растворимые пектины	0,13–0,18 ± 0,04

⁴Нечаев А.А. Видовой состав, ресурсы и освоение дикорастущих ягодных растений Российского Дальнего Востока // Лесной вестник. 2012. № 3. С. 127–131.

Новые сорта должны отличаться морозоустойчивостью, различными сроками созревания, высокой урожайностью (1,5–2,5 кг/куст), ранним вступлением в плодоношение (на 3-й год после посадки), обладать привлекательными, крупными (масса плода более 1 г), неосыпающимися плодами с легким отрывом, десертным вкусом, высоким содержанием сахаров, витамина С и Р-активных веществ и низкой кислотностью. Научно-исследовательскую работу выполняют по «Программе и методике селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур», «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур», «Методам биохимического исследования растений», «Классификатору рода *Lonicera* L. подсемейства *Caeruleae* Rehd» [7–10]. Основные биохимические соединения в ягодах жимолости оценивают по следующим показателям: содержанию сухих веществ (%) – термогравиметрическим методом, растворимых сахаров (%) – перманганатным методом, аскорбиновой кислоты (%) – титриметрическим методом в пересчете на лимонную кислоту.

В результате многолетней работы изучено 4000 сеянцев из различных мест произрастания на территории Камчатского края, исследована коллекция из 37 интродуцированных сортов, полученных из других селекционных учреждений России (Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, ОГУП «Бакчарское»). По оценке коллекционного изучения определены лучшие сорта инорайонной селекции жимолости. Особое внимание уделяется разработке технологических приемов возделывания жимолости и выявлению наиболее эффективных способов размножения в условиях Камчатского края. По результатам изучения методов черенкования выделены эффективные способы размножения зелеными черенками «с пяткой» и одревесневшими черенками с верхушкой.

В настоящее время селекционный материал планомерно обновляется, заложены новые питомники, где в изучении находится более

500 сеянцев дикорастущих форм посадки 2018–2022 гг. Для первичного сортоизучения по комплексу хозяйственно ценных признаков выделено в элиту 37 перспективных селекционно значимых форм (см. табл. 2).

Селекционно значимые формы жимолости богаты источниками биологически активных веществ, в том числе эссенциальных пищевых веществ. При употреблении 100 г жимолости удовлетворение адекватного уровня суточного потребления в аскорбиновой кислоте составляет 62%.

Сорта жимолости камчатской селекции

Атлант – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт раннего срока созревания. Урожайность на 6-й год после посадки составляет 1,0–1,2 кг/куст. Плоды крупные (1,2 г), овальной формы, поверхность слабо бугристая, кожица тонкая, консистенция мякоти нежная. Отрыв легкий, сухой. Вкус кисло-сладкий с приятным ароматом. Содержание сухого вещества – 13,16%, сахаров – 6,78–9,05, аскорбиновой кислоты – 48,90–63,36% (см. рис. 15).

Сластена – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт раннего срока созревания. Урожайность на 6-й год после посадки составляет 1,0 кг/куст. Плоды крупные (1,6 г), удлинённо-овальной формы. Вкусовые качества высокие. Содержание саха-

Табл. 2. Характеристика перспективных селекционно значимых форм жимолости

Table 2. Characteristics of the promising breeding significant forms of honeysuckle

Показатель	Характеристика
Свойства перспективных селекционно значимых форм жимолости (Камчатский НИИСХ)	Высокая зимостойкость, ранний и среднеранний срок созревания, приятные по вкусовым характеристикам, привлекательные неосыпающиеся плоды
Масса плода	1,0–1,2 ± 0,03 г
Аскорбиновая кислота	50,8–56,9 ± 1,07%
Сухие вещества	15,2–15,6 ± 0,92%
Растворимые сахара	7,8–10,5 ± 0,41%
Органические кислоты	1,8–2,5 ± 0,06%

ров – 7,91%, сухого вещества – 12,91, аскорбиновой кислоты – 36,96–52,80%.

Соперница Горянка – сеянец жимолости алтайской от свободного опыления. Сорт позднего срока созревания. Урожайность на 6-й год после посадки составляет 0,8–1,0 кг/куст. Плоды средней величины (0,66–0,92 г), удлинено-овальные. Вкус сладковатый с заметной горчинкой. Отрыв плода слегка затрудненный. Содержание сухого вещества – 13,98%, сахаров – 6,06–8,53, аскорбиновой кислоты – 21,10–38,72%.

Мильковчанка – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт среднераннего срока созревания. Урожайность на 6-й год после посадки составляет 0,8–1,2 кг/куст. Плоды крупные (1,2 г), овальной формы. Вкус десертный. Отрыв легкий, сухой. Содержание сухого вещества – 12,5%, сахаров – 7,0–9,5, аскорбиновой кислоты – 38,7–50,9, кислотность – 1,7–2,4%.

Даринка – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт раннего срока созревания. Урожайность на 6-й год после посадки – 1,2 кг/куст. Плоды крупные (1,0–1,2 г), удлинено-овальные. Вкус кис-

ло-сладкий с ароматом, освежающий. Характер отрыва легкий, сухой. Содержание сухого вещества – 12,9%, сахаров – 9,6, аскорбиновой кислоты – 50,8, кислотность – 1,7%.

Елена – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт раннего срока созревания. Урожайность на 6-й год после посадки составляет 1,7 кг/куст. Плоды крупные (1,1–1,3 г), удлинено-овальные, каплевидные. Отрыв слегка затрудненный без разрыва кожицы. Вкус десертный. Содержание сахаров – 9,4%, аскорбиновой кислоты – 47,8, кислотность – 1,5%.

В 2022 г. в результате многолетней работы выделены три новые перспективные элитные формы, которые готовят для передачи на государственное сортоиспытание.

Элитная форма 1–5 (сорт Малка) – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт раннего срока созревания. Продуктивность выше стандарта на 0,12 кг/куст (прибавка 31,6%). Плоды крупные (1,3 г), ширококувшиновидной формы. Вкус десертный с выраженным ароматом. Характер отрыва легкий, сухой. Содержание сахаров – 8,9%, аскорбиновой кислоты – 50,85, сухого вещества – 14,7%.

Элитная форма 1–20 (сорт Виллюка) – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт среднераннего срока созревания. Продуктивность выше стандарта на 0,14 кг/куст (прибавка 38,8%). Плоды крупные (1,1 г), широковеретеновидной формы. Вкус кисло-сладкий с легкой пикантной горчинкой и выраженным ароматом. Характер отрыва слегка затрудненный без разрыва кожицы. Содержание сахаров – 7,2%, аскорбиновой кислоты – 46,09, сухого вещества – 12,4%.

Элитная форма 31–35 (сорт Ганалочка) – сеянец жимолости камчатской от свободного опыления. Сорт раннего срока созревания. Продуктивность выше стандарта на 0,07 кг/куст (прибавка 18,4%). Плоды крупные (1,2 г), удлинено-овальной формы, привлекательные. Вкус кисло-сладкий, десертный с выраженным ароматом. Характер отрыва легкий, сухой. Содержание сахаров – 8,5%, аскорбиновой кислоты – 47,46, сухого вещества – 15,3%.



Рис. 15. Жимолость сорта Атлант
Fig. 15. Atlant honeysuckle

Известно, что полифенольные соединения присутствуют во многих растениях и ягодах. Например, антоцианы придают яркие цвета фруктам, ягодам и овощам, а также отвечают за вкус и аромат. Проведенный метаанализ восьми научных исследований показал, что увеличение в рационе количества продуктов с большим содержанием полифенолов на 300 мг в день снижает риск развития сахарного диабета второго типа [5–7]. Результаты других авторов исследований позволяют предположить, что благодаря антиоксидантным свойствам полифенолы могут быть использованы при лечении некоторых раковых заболеваний желудочно-кишечного тракта [5–7]. Исследования Hossain et al., 2016 г. показывают, что употребление продуктов, содержащих полифенолы, помогает в профилактике и борьбе с ожирением. Ученые предполагают, что полифенолы подавляют активность клеток жировой ткани, отвечающих за воспаление [5–7].

В настоящее время происходит увеличение спроса среди производителей и потребителей на натуральные пищевые красители, среди которых лидирующие позиции по объему продаж занимают красные красители. Одними из наиболее распространенных среди них являются антоциановые пигменты. К числу видов растений Магаданской области и Чукотского автономного округа, которые представляют собой потенциальные источники антоцианов, относятся голубика болотная (*Vaccinium uliginosum*), различные виды смородины (*Ribes fragrans* P., *R. acidum*, *R. discuscha*, *R. triste* Pallas), жимолость (*L. chamissoi* Bunge ex Kirillon, *L. edulis* Turczaninow ex Freyn) и другие дикорастущие ягоды.

Особый интерес у исследователей вызывают усовершенствование и разработка новых способов экстрагирования антоцианов из растительного сырья. Выбор подходящего метода экстракции с учетом оптимальных сочетаний экстракционных факторов для получения природных антоциановых красителей

имеет решающее значение для успеха процесса их выделения. В литературных источниках описано несколько способов выделения антоцианов из растительного сырья: мацерация, тепловая экстракция, экстракция катализатором-растворителем, ультразвуковая экстракция, экстракция с помощью микроволновой печи и сверхкритическая жидкостная экстракция. Перспективным направлением в области экстрагирования полифенольного комплекса является сверхкритическая жидкостная экстракция, которая используется с конца 1970-х годов для анализа пищевых продуктов, выделения биологически активных веществ и определения уровней липидов в продуктах питания, а также уровней токсичных веществ. У сверхкритической флюидной CO₂-экстракции существует ряд преимуществ: легкое удаление растворителя из конечного продукта, высокая селективность и использование умеренных температур в процессе экстракции, которые являются важными факторами при определении способа экстрагирования и проведения исследований в области пищевой и фармацевтической промышленности⁵ [11, 12].

Альтернатива использованию соразтворителей в случае плохо растворимых или практически нерастворимых соединений – полное изменение схемы процесса с использованием так называемой сверхкритической экстракции растворителем (SAE). Уже разработаны промышленные устройства с технологическими схемами, содержащие установки по переработке CO₂; следовательно, регенерируется большая часть растворителя/антирастворителя. Улучшение сверхкритической экстракции растворителем связано с теми же условиями процесса: давлением, температурой и концентрацией растворенных веществ в суспензии. Однако основным параметром является мольная доля CO₂. Данный параметр зависит от относительной скорости потока CO₂ и жидкости-растворителя, чтобы установить сверхкритический состав осадка для используемой смеси CO₂/растворитель

⁵Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.

[12]. При сравнении возможных сверхкритических растворителей диоксид углерода имеет наиболее привлекательные преимущества: нетоксичность, негорючесть, экологичность и возобновляемость ресурса (см. сноску 5) [11–13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время увеличивается заинтересованность населения в обеспечении полноценного рациона питания, а также в поддержании необходимого качества продуктов в условиях санкционного режима. Изучение особенностей состава растительных ягодных ресурсов нужно для их комплексной переработки и получения на их основе новых пищевых ингредиентов. В связи с этим одним из актуальных направлений исследований в области пищевых биотехнологий являются фундаментальные и прикладные научные исследования особенностей химического состава и свойств дикорастущих ягодных растений, а также совершенствование процессов получения биологически активных веществ. Перспективно применение сверхкритической флюидной CO₂-экстракции. Дикорастущие ягодные растения – важный источник биоактивных веществ, в том числе витаминов, полифенольных и минеральных комплексов. Данное сырье возможно использовать для получения пищевых и технологических добавок с целью импортозамещения, что в настоящее время приобретает особую актуальность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белова Е.А., Гуляев А.Е., Коваленко Л.В., Шульгау З.Т. Полифенольные компоненты северных дикорастущих ягод, антиоксидантный и противовоспалительный потенциал их экстрактов // Вестник СурГУ. Медицина. 2018. № 1 (35). С. 75–84.
2. Нечаев А.А. Ресурсы дикорастущих съедобных ягодных растений Магаданской области и Чукотского автономного округа // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2021. Т. 20. № 1. С. 323–327. DOI: 10.14258/pbssm.2021064.
3. Boris Nemzer, Luis Vargas, Xiaoyan Xia, Marsha Sintara, Hao Feng. Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods // Food Chemistry. 2018. Vol. 262. P. 242–250.
4. Мочалова О.А., Хорева М.Г., Андриянова Е.А. Новые местонахождения сосудистых растений из красной книги Магаданской области // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2022. № 2. С. 92–95.
5. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Районирование Дальнего Востока для оценки перспектив развития сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 4. С. 61–65.
6. Jing Chen, Bingbing Ren, Chunyang Bian, Dong Qin, Lijun Zhang, Jiacheng Li, Jia Wei, Aoxue Wang, Junwei Huo, Huixin Gang. Transcriptomic and metabolomic analyses reveal molecular mechanisms associated with the natural abscission of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) ripe fruits // Plant Physiology and Biochemistry. 2023. May 2. DOI: 10.1016/j.plaphy.2023.107740.
7. Vereshchagin J.S., Frank-Kamenetskaya O.V., Vlasov D.Yu., Zelenskaya M.S., Rodina O.A., Chernyshova I.A., Himelbrant D.E., Stepanchikova I.S., Britvin S.N. Microbial biomineralization under extreme conditions: Case study of basaltic rocks, Tolbachik Volcano, Kamchatka, Russia // CATENA. 2023. Vol. 226. DOI: 10.1016/j.catena.2023.107048.
8. Senica M., Stampar F., Mikulic-Petkovsek M. Blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L. subs. *edulis*) berry; A rich source of some nutrients and their differences among four different cultivars // Scientia Horticulturae. 2018. Vol. 238. P. 215–221.
9. Петруша Е.Н. Оценка исходного материала жимолости камчатской для селекции на крупноплодность и качество ягод // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 2 (54). С. 41–46. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-12020.
10. Ryohei Fujita, Shigeki Jin, Kotaro Matoba, Yoichiro Hoshino. Novel production of β-cryptoxanthin in haskap (*Lonicera caerulea* subsp. *edulis*) hybrids: Improvement of carotenoid biosynthesis by interspecific hybridization // Scientia Horticulturae. 2023. Vol. 308. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111547.
11. Razgonova M., Zakharenko A., Ercisli S., Grudev V., Golokhvast K. Comparative Analysis

of Far East Sikhotinsky Rhododendron (*Rh. sichotense*) and East Siberian Rhododendron (*Rh. adamsii*) Using Supercritical CO₂-Extraction and HPLC-ESI-MS/MS Spectrometry // *Molecules*. 2020. Vol. 25. N 17. P. 3774.

12. Razgonova M.P., Cherevach E.I., Tekutyeva L.A., Fedoreev S.A., Mishchenko N.P., Tarbeeva D.V., Demidova E.N., Kirilenko N.S., Golokhvast K.S. *Maackia amurensis* Rupr. et Maxim.: Supercritical CO₂-extraction and Mass Spectrometric Characterization of Chemical Constituents // *Molecules*. 2023. Vol. 28. P. 2026. DOI: 10.3390/molecules28052026.
13. Baldino L., Reverchon E. Challenges in the production of pharmaceutical and food related compounds by SC-CO₂ processing of vegetable matter // *Journal Supercrit. Fluids*. 2018. Vol. 134. P. 269–273.

REFERENCES

1. Belova E.A., Gulyaev A.E., Kovalenko L.V., Shul'gau Z.T. Polyphenolic components of Northern wild berries, antioxidant and anti-inflammatory potential of their extracts. *Vestnik SurGU. Medicina = Vestnik SurGU. Meditsina*, 2018, no. 1 (35), pp. 75–84. (In Russian).
2. Nechaev A.A. Resources of wild edible berry plants of Magadan region and Chukotka autonomous district. *Problemy botaniki Yuzhnoj Sibiri i Mongolii = Problems of Botany of Siberia and Mongolia*, 2021, vol. 20, no. 1, pp. 323–327. (In Russian). DOI: 10.14258/pbssm.2021064.
3. Boris Nemzer, Luis Vargas, Xiaoyan Xia, Marsha Sintara, Hao Feng. Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods. *Food Chemistry*, 2018, vol. 262, pp. 242–250.
4. Mochalova O.A., Horeva M.G., Andriyanova E.A. New records of vascular plants from the Red Data Book of the Magadan oblast. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo centra DVO RAN = Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch*, 2022, no. 2, pp. 92–95. (In Russian).
5. Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Zoning of the Far East to assess the prospects for the development of agriculture. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2022, vol. 36, no. 4, pp. 61–65. (In Russian).
6. Jing Chen, Bingbing Ren, Chunyang Bian, Dong Qin, Lijun Zhang, Jiacheng Li, Jia Wei, Aoxue Wang, Junwei Huo, Huixin Gang. Transcriptomic and metabolomic analyses reveal molecular mechanisms associated with the natural abscission of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) ripe fruits. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2023, may 2. DOI: 10.1016/j.plaphy.2023.107740.
7. Vereshchagin J.S., Frank-Kamenetskaya O.V., Vlasov D.Yu., Zelenskaya M.S., Rodina O.A., Chernyshova I.A., Himelbrant D.E., Stepanchikova I.S., Britvin S.N. Microbial biomineralization under extreme conditions: Case study of basaltic rocks, Tolbachik Volcano, Kamchatka, Russia. *CATENA*, 2023, vol. 226. DOI: 10.1016/j.catena.2023.107048.
8. Senica M., Stampar F., Mikulic-Petkovsek M. Blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L. subs. *edulis*) berry; A rich source of some nutrients and their differences among four different cultivars. *Scientia Horticulturae*, 2018, vol. 238, pp. 215–221.
9. Petrusha E.N. Assessment of the source material of Kamchatka honeysuckle in order to breed for large-fruited berries with improved qualities. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik = Far East Agrarian Bulletin*, 2020, no. 2 (54), pp. 41–46. (In Russian). DOI: 10.24411/1999-6837-2020-12020.
10. Ryohei Fujita, Shigeki Jin, Kotaro Matoba, Yoichiro Hoshino. Novel production of β-cryptoxanthin in haskap (*Lonicera caerulea* subsp. *edulis*) hybrids: Improvement of carotenoid biosynthesis by interspecific hybridization. *Scientia Horticulturae*, 2023, vol. 308. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111547.
11. Razgonova M., Zakharenko A., Ercisli S., Grudev V., Golokhvast K. Comparative Analysis of Far East Sikhotinsky Rhododendron (*Rh. sichotense*) and East Siberian Rhododendron (*Rh. adamsii*) Using Supercritical CO₂-Extraction and HPLC-ESI-MS/MS Spectrometry. *Molecules*. 2020, vol. 25, no. 17, p. 3774.
12. Razgonova M.P., Cherevach E.I., Tekutyeva L.A., Fedoreev S.A., Mishchenko N.P., Tarbeeva D.V., Demidova E.N., Kirilenko N.S., Golokhvast K.S. *Maackia amurensis* Rupr. et Maxim.: Supercritical CO₂-extraction and Mass Spectrometric Characterization of Chemical Constituents. *Molecules*, 2023, vol. 28, p. 2026. DOI: 10.3390/molecules28052026.
13. Baldino L., Reverchon E. Challenges in the production of pharmaceutical and food related compounds by SC-CO₂ processing of vegetable matter. *Journal Supercrit. Fluids*, 2018, vol. 134, pp. 269–273.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Разгонова М.П.**, кандидат, технических наук, доцент, директор; **адрес для переписки:** Россия, 190031, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42; e-mail: m.razgonova@vir.nw.ru

Сенотрусова Т.А., кандидат технических наук, доцент

Ли Н.Г., кандидат технических наук, доцент

Тимошенко Е.Е., лаборант

Мурзина О.Г., младший научный сотрудник

Русакова Е.А., младший научный сотрудник

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

AUTHOR INFORMATION

✉ **Maya P. Razgonova**, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor, Director; **Address:** 42, Bolshaya Morskaya St., Saint Petersburg, 190031, Russia; e-mail: m.razgonova@vir.nw.ru

Tamara A. Senotrusova, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor

Natalia G. Li, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor

Elena E. Timoshchenko, Laboratory Assistant

Olga G. Murzina, Junior Researcher

Elena A. Rusakova, Junior Researcher

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

Дата поступления статьи / Received by the editors 10.05.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 21.07.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МЕДОНОСНАЯ ЦЕННОСТЬ ВЯЗОВНИКОВ

✉ Самсонова И.Д.^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова
Санкт-Петербург, Россия

²Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы
Уфа, Россия

✉ e-mail: isamsonova18@mail.ru

Медоносные угодья и природно-климатические условия в лесном фонде степного Придонья характеризуются большой изменчивостью. Насаждения вяза гладкого, ильма и береста занимают 2,2% площади степного Придонья. Цель данного исследования – выявить медоносные виды по компонентам лесного фитоценоза в вязовниках байрачных и пойменных и определить медовую продуктивность растительных формаций. Используются принятые методы научных исследований в пчеловодстве. Получены лесоводственно-таксационные характеристики древостоя, уточнен видовой состав медоносной флоры и определена медовая продуктивность по типам леса. Медовая продуктивность растительной формации байрачных вязовников составляет 106,4–203,3 кг/га. На теневых берегах байрачных дубняков медовую продуктивностью 32,9 кг/га в лесном фитоценозе обеспечивает вяз обыкновенный (*Ulmus laevis*). На присетевом склоне данному значительному показателю (203,3 кг/га) в составе древостоя способствует клен полевой (*Acer campestre*). На световых берегах существенной медовой продуктивностью отличаются медоносы подлеска, которые встречаются преимущественно на лесных полянах и опушках леса, а также представители травянистого покрова. В вязовнике разнотравно-крапиво-ежевиковом пойменных лесов основной медосбор (35,3 кг/га) дают вяз обыкновенный и ива белая (*Salix alba*), в подлеске – крушина слабительная (*Rhamnus cathartica*), ольха (*R. alnus*), калина обыкновенная (*Viburnum opulus*). При умелом использовании медоносного потенциала лесных растений не только возможно успешно развивать пчеловодство, но и обеспечивать значительное увеличение лесного фонда южных регионов Европейской части Российской Федерации.

Ключевые слова: вяз гладкий, берест, байрачные вязовники, пойменные леса, медоносные растения, медовая продуктивность, растительные формации, компоненты лесного фитоценоза

ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES AND NECTARIFEROUS VALUE OF ELM TREES

✉ Samsonova I.D.

Saint-Petersburg State Forest Technical University
Saint-Petersburg, Russia

Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla
Ufa, Russia

✉ e-mail: isamsonova18@mail.ru

Bee pasturages and natural-climatic conditions in the forest fund of the steppe Pridonye are characterized by great variability. Plantations of European white elm, Scotch elm and English elm occupy 2.2% of the area of the steppe Pridonye. The purpose of this study was to identify honey-bearing species by the forest phytocenosis components in ravine elms and floodplain forests and to determine the honey productivity of plant formations. Accepted methods of scientific research in beekeeping were utilized. The silvicultural and taxational characteristics of the forest stand were obtained, the species composition of the honey-bearing flora was specified and the honey productivity by forest types was determined. Honey productivity of the plant formation of ravine elms is 106.4–203.3 kg/ha. European white elm (*Ulmus laevis*) provides honey productivity of 32.9 kg/ha in the forest phytocenosis on the shady banks of the ravine oak forests. Field maple (*Acer campestre*) contributes to this significant index (203.3 kg/ha) in the stand composition on high and steep gully slopes. On the light banks honey

production is characterized by honey-bearing undergrowth species, which are found mainly in forest glades and woodsides, as well as the carpet plants representatives. In elm-herbage-nettle-blackberry floodplain forests, the main honey yield (35.3 kg/ha) is given by European white elm and white willow (*Salix alba*), while in the undergrowth it is given by common buckthorn (*Rhamnus cathartica*), alder (*R. alnus*), and European cranberry bush (*Viburnum opulus*). Skillful use of the honey-bearing potential of forest plants not only makes it possible to successfully develop beekeeping, but also to ensure a significant increase in the forest fund of the southern regions of the European part of the Russian Federation.

Keywords: European white elm, English elm, ravine elms, floodplain forests, nectariferous plants, honey productivity, plant formations, components of forest phytocenosis

Для цитирования: Самсонова И.Д. Эколого-биологические особенности и медоносная ценность вязовников // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 27–35. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-3>

For citation: Samsonova I.D. Ecological and biological features and nectariferous value of elm trees. *Sibirskii vestnik sel'skookhoziaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 27–35. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-3>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Зарубежные и отечественные ученые в научных трудах раскрывают вопросы изучения взаимовыгодного влияния симбиоза леса и насекомых-энтомофагов [1–8]. Использование ресурсного потенциала лесных угодий для медосбора систематически требует уточнения и оценки медоносных растительных сообществ. Ценной местностью для ведения пчеловодства считается территория, где в радиусе эффективного лёта пчел представлено разнообразие естественной растительности, на которой пчелы в течение всего медосборного сезона находят нектар и пыльцу. При этом, чем разнообразнее и чаще местность изрезана балками и долинами, тем богаче она в медоносном отношении и при благоприятных климатических условиях обеспечивает наилучший продуктивный медосбор. В поймах рек и по балкам юга Европейской части России такие территории занимают небольшую площадь, поэтому не имеют существенного значения, хотя здесь встречаются неплохие медоносные растения: дикорастущие плодово-ягодные породы, ивы, клены, шалфей кольчатый, донник, клевера, синяк и др.¹ [9].

Изучение медоносного потенциала конкретного региона необходимо для организации интенсивных технологий содержания пчелиных семей, позволяющих рационально использовать медоносные ресурсы местности [10].

На сукцессионные процессы пойменных лесов оказывают влияние водный режим, интенсивность аллювиальных процессов, геоморфологическое строение. Насаждения вяза являются переходными к дубнякам и осинникам центральной поймы. Так, на плодородных аллювиальных суглинках напряженность смены пород максимальна. Наиболее выражена она в дубравах, где на 25% произошла смена дуба на вяз. Наряду с экологическими и антропогенными факторами на трансформацию пойменных лесов биогеоценозов существенно влияют и биологические свойства древесных пород.

Специфичность лесорастительных условий речных пойм обусловила строгую приуроченность древесных пород к почвам разного механического состава, определенным элементам рельефа, зонам затопления и частям пойм. Среди формаций пойменных лесов значительную часть (54 вида) приходится на долю медоносных растений. По

¹Gryazkin A.V., Smirnov A.A., Mannapov A.G., Beljaev N.V. Bioresource potential of forest lands as the source of honey yield in steppe area of the river Don // Forests of Russia: policy, industry, science and education. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV scientific-technical conference 2019. P. 012057. DOI: 10.1088/1755-1315/316/1/012057.

вершинам грив и на приусловом валу произрастают пыльценосы чернотоплевники; низинные местоположения и старицы заняты нектаропыльценосом ветлой, прибрежные и песчаные косы облесены многовидовой формацией ивняков; на границе с центральной частью поймы наибольшее распространение получили формации вязовников и дубняки. В центральной части поймы, на наиболее плодородных и богатых почвах, сосредоточены дубравы и их спутники. В притерасной части доминирует пыльценос ольха черная, по микроповышениям встречаются насаждения ветлы и тополя белого.

Ильмовые, вязовники и берестняки в области представлены 15,6% в отношении к общей лесопокрытой площади. Возрастает роль берестняков в нижнем течении Дона – 25,7% [11].

В донских поймах отмечены медоносные угодья, отличающиеся высокой продуктивностью. К ним относятся кустарниковые заросли чернокленовников и ивняков, а также ранневесенний медонос терн, представляющий ценность для медосбора при распространении в виде густых зарослей терновника.

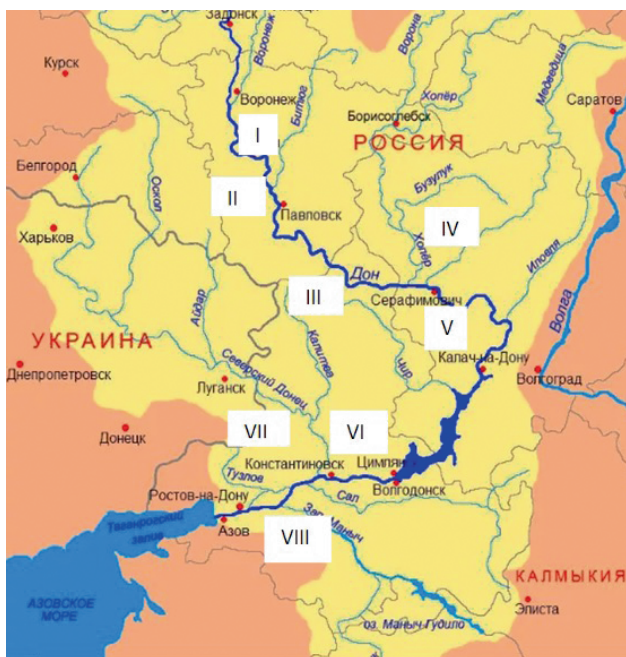


Рис. 1. Схема лесорастительного районирования бассейна р. Дон

Fig. 1. Scheme of the forest zoning of the Don River basin

Насаждения вяза гладкого, ильма и береста занимают свыше 10 тыс. га (2,2%) площади степного Придонья, сохранившись преимущественно в более влажных районах (I–III) (см. рис. 1). Увеличение их площади в VIII районе связано с искусственным введением в пойменные культуры. Берест значительную площадь (20%) занимает в VII районе. Для ильмовых характерно преобладание молодняка, что объясняется массовым усыханием спелых и приспевающих насаждений от голландской болезни и сменой пород на дубовых вырубках вследствие обильного порослевого и семенного возобновления вяза.

Ученые в настоящее время продолжают активно заниматься изучением особенностей роста вяза приземистого. В.В. Лепеско и Л.П. Рыбашлыкова отмечают, что состояние древостоев определяют два комплекса факторов: зонально-эдафический и пасторально-хозяйственный. Долговечность вяза приземистого в аридной зоне на бурых почвах Астраханской полупустыни определяет наличие продуктивной влаги в почвогрунте и степень его засоленности. Учеными установлено, что жизнеспособность насаждения вяза приземистого 57–64-летнего возраста отмечена на супесчаных и темноцветных почвах, находящихся в микро- и межбугровых понижениях [12].

В результате проведенных комплексных исследований в пойменных лесах Республики Марий Эл в выделенных трех фитоценологических ярусах отмечены древесные породы, которые имеют полноценную онтогенетическую структуру. Из медоносных видов в пойменных лесах встречается наиболее часто липа сердцевидная. Довольно часто встречается вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), но с незначительным участием в составе древостоя. Изучая разнообразие пород, возрастную и пространственную структуру древостоя, ученые отметили, что наихудшее жизненное состояние у вяза гладкого [13].

Цель исследования – выявить медоносные виды по компонентам лесного фитоценоза в вязовниках байрачных и пойменных и определить медовую продуктивность растительных формаций.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для проведения исследований в байрачных вязовниках в 2018–2021 гг. заложены пробные площади и учетные площадки на территории Кашарского и Шахтинского лесничеств, для учета пойменных вязовников – в Багаевском и Морозовском лесничествах Ростовской области. Пробные площади закладывали с использованием материалов лесоустроительных предприятий (планов лесонасаждений, таксационных описаний). Тип леса и топографическое положение указывали в соответствии с таксационными описаниями [14]. При описании лесоводственно-таксационных характеристик использовали следующие сокращения: ДБСБ – дубняки байрачные на световых берегах, ДБПР – дубняки байрачные присетевые, ДБТБ – дубняки байрачные на теневых берегах, ВР – вязовник разнотравный, ВРОЗ – вязовник разнотравно-осоко-злаковый, КЛТ – клен татарский, В – вяз, ИВБ – ива белая, ЯЗ – ясень зеленый, КЛЯ – клен ясенелистный, ГШ – груша обыкновенная, ТЧ – тополь черный, БР – берест (вяз равнинный), ДБН – дуб низкоствольный, КЛП – клен полевой, ЯО – ясень обыкновенный.

Выявление медоносных растений в составе фитоценоза по компонентам, проведение количественного учета медоносных растений и их интенсивности цветения, сбор проб нектара для определения медовой продуктивности растительных формаций проводили по «Методам проведения научно-исследовательских работ в пчеловодстве» [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Формация байрачных дубрав занимает свыше 90% площади байрачных лесов, расположенных преимущественно в северной и центральной частях Ростовской области. Вязовники распространены в Вешенском районе в пойме среднего течения Дона. В качестве сопутствующей породы у береста вяз встречается в поймах притоков Дона и Северского Донца.

Благоприятными лесорастительными условиями для вязовников являются влажные местообитания на богатых луговых и луго-

во-болотных почвах. При этом уровень грунтовых вод под исследуемыми формациями составляет от 0,8 до 1,5 м. В более южных районах состояние вяза ухудшается, что сопровождается усыханием древостоя.

Вяз гладкий, обыкновенный, крупнолистный (U. laevis Pall.) растет на всей территории Ростовской области в байрачных смешанных лесах, по нижним частям берегов балок в виде примеси к основному древостою и в качестве второго яруса. Чаще встречается в поймах рек, так как предпочитает влажные почвы. Крупное дерево со стройным стволом и ветвистой кроной. Хорошо отличается от других видов по коре, которая вначале гладкая, позднее образует серо-бурую корку, отпадающую тонкими пластинками. Цветки на длинных черешках собраны в висячие пучки. Цветет в апреле до распускания листьев. Является ценным ранним медоносом. Дает много нектара и пыльцы. В теплые дни пчелы охотно посещают цветки вяза, собирая с них нектар, пыльцу, с почек – клей.

Вяз шершавый, ильм (U. scabra Mill.) холодостойкий. Наиболее распространен на севере области. Ильмовые спорадически отмечаются по опушкам, придонным участкам балок, а также в виде лесных островков на присетевых склонах. Отличается от вяза гладкого шероховатыми сверху листьями с неравнобоким основанием. Цветет в апреле. Дает много нектара и пыльцы.

Вяз пробковый (U. suberosa Moench.) растет кустами, преимущественно в пойменных дубравах и в подлеске байрачных лесов. Цветет чуть позже двух предыдущих видов, отличается от них ветвями с крыловидными пробковыми наростами [6].

Берест, вяз равнинный, карагач (U. campestris L.) засухоустойчив, является представителем степной зоны. Распространен в южных лесорастительных районах Ростовской области (Усть-Донецкий, Романовский). Отличается от пробкового вяза ветвями, на которых нет пробковых наростов.

Кроме этих форм, в садах и парках разводят вяз приземистый (*U. pumila L.*). Все они выделяют много нектара и пыльцы и являются хорошими ранневесенними медоносами.

С листьев вязов пчелы почти ежегодно собирают падь.

В результате исследований выявлено, что таксационные показатели ильмовых в средневозрастном древостое на берегах балок световых экспозиций больше показателей присетевых склонов (см. табл. 1).

В свежей суборе Шахтинского лесничества в группе возраста спелые вязы гладкие достигают средней высоты 16,0 м, средний диаметр ствола составляет 26,0 см, в молодняках – 6,3 м и 8,7 см соответственно.

Берест в составе с высокомедопродуктивным кленом полевым, а также с вязом гладким и дубом низкоствольным встречается на присетевом склоне восточной экспозиции крутизной склона 20 град. В подлеске редко отмечен майский медонос лох узколистный.

В травянистом ярусе встречаются такие медоносы, как тысячелистник обыкновенный, зопник колючий, шандра ранняя, шалфей остепненный, подмаренник восьмилостный, которые цветут в разное время. Среди них есть медоносы с растянутым периодом цветения, которые образуют непрерывно цветущий медоносный конвейер.

Для изучения медовой продуктивности пойменных лесов нами заложены пробные площади в насаждениях, представляющих интерес для пчеловодства (см. табл. 1, рис. 2).

Анализируя полученные лесоводственно-таксационные характеристики (см. табл. 1), установили, что по высоте в Багаевском лесничестве в средневозрастных древостоях выделяется вязовник разнотравно-осоко-злаковый по сравнению с вязовником разнотравно-крапиво-ежевиковым – 13,0 и 12,6 м соответственно. По диаметру отмечено противоположное соотношение величин – 14,0 и 16,7 см. На исследуемых пробных площадях выявлены изменения в составе древостоя. Так, в вязовнике разнотравно-осоко-злаковом к основной породе примешиваются ясень и клен ясенелистный, тогда как в вязовнике разнотравно-крапиво-ежевиковом сопутствующими видами являются ива белая и пыльценос тополь черный.

Уточнив лесоводственно-таксационные характеристики древостоя, выявив наличие в составе ценных видов медоносных растений по компонентам лесного фитоценоза, определили медовую продуктивность по типам леса

Табл. 1. Лесоводственно-таксационная характеристика объектов исследования

Table 1. Silvicultural and taxational characterization of the study sites

Тип леса	ТЛУ	Состав	Полно- та	Воз- раст, лет	Вы- сота, м	Диа- метр, см
Байрачные вязовники						
На световых берегах	E ₀₋₁	5В2ЯЗ1ДБН2КЛП	0,5	30	11,0	12,2
		4В2ЯО2КЛЯ2КЛТ	0,6	60	14,0	18,1
	E ₁	4ДБН4БР2КЛТ	0,8	30	10,0	14,4
		8В1ЯО1ДБН	0,7	20	6,7	10,5
		7БР3ДБН	0,7	60	15,0	18,3
На теневых берегах	E ₂	6В2КЛТ1ДБН1ЯЗ	0,6	16	6,3	8,7
		8В2ИВБ	0,5	80	16,0	26,0
Присетевые	E ₀₋₁	7БР3КЛП	0,6	50	10,3	14,6
		5В2ДБН3БР	0,7	60	12,1	14,1
Пойменные вязовники						
Разнотравный	Д ₂ Н ₁	4В4ЯЗ2ИВБ + Т + КЛЯ	0,6	50	9,0	16,2
		8В2ИВД+ЯЗ	0,7	50	15,2	22,0
		10В+ИВБ	0,7	30	10,4	16,3
		5В4ИВБ1ТЧ	0,7	40	12,6	16,7
		6В2ИВБ1КЛЯ1ГШ	0,4	30	11,0	12,5
		7КЛТЗВ	0,8	40	10,4	10,2
		5В3ИВБ2ТЧ + ЯЗ	0,5	60	13,6	23,2
Разнотравно-осоко-злаковый	Д ₂ Н ₁	9ИВБ1В	0,4	55	15,2	22,1
		4В3ЯЗ3ИВБ + КЛЯ	0,7	40	12,2	14,0



Рис. 2. Вязовник в пойме р. Дон. Багаевское участковое лесничество. Сбор цветков для анализа нектара

Fig. 2. Elm tree in the floodplain of the Don River. Bagaevskoye district forestry. Collection of flowers for nectar analysis

в байрачных вязовниках и пойменных лесах (см. табл. 2). Можно сделать заключение, что вязовники с незначительной медовой продуктивностью (106,4–203,3 кг/га) являются ценными угодьями для пчеловодства.

Разберем составляющие медоносных угодий исследуемых формаций.

На тенивых берегах дубняков байрачных наибольшей медовой продуктивностью (32,9 кг/га) среди ильмовых отличается вяз гладкий, так как в составе древостоя составляет 60–80% (см. рис. 3). На присетевом склоне в изучаемых лесорастительных условиях улучшает общие показатели медовой продуктивности до 203,3 кг/га растительная формация вязовников в составе древостоя с кленом полевым. На световых берегах существенной медовой продуктивностью (42,6 кг/га) отличаются медоносы подлеска, состоящего из шиповника, терна, груши обыкновенной и боярышника, которые отмечены на лесных полянах и опушках леса [6]. Травянистая растительность под пологом и на опушках древостоя характеризуется приспособленностью к условиям освещения и увлажнения почв, видовым составом, встречаемостью и интенсивностью нектаровыделения. На световых берегах байрачных вязовников определенную роль в составе медоносных угодий со значительной медовой продуктивностью 25 и 100 кг/га выполняют тысячелистник обыкновенный и шалфей остепненный соответственно.

В вязовнике разнотравно-крапиво-ежевиковом основной медосбор дают вяз гладкий и ива белая, в подлеске – крушина слабительная и ольха, калина обыкновенная (35,3 кг/га). В живом напочвенном покрове медовой продуктивностью отличаются ежевика, подмаренник и горошек мышиный (30,3 кг/га).

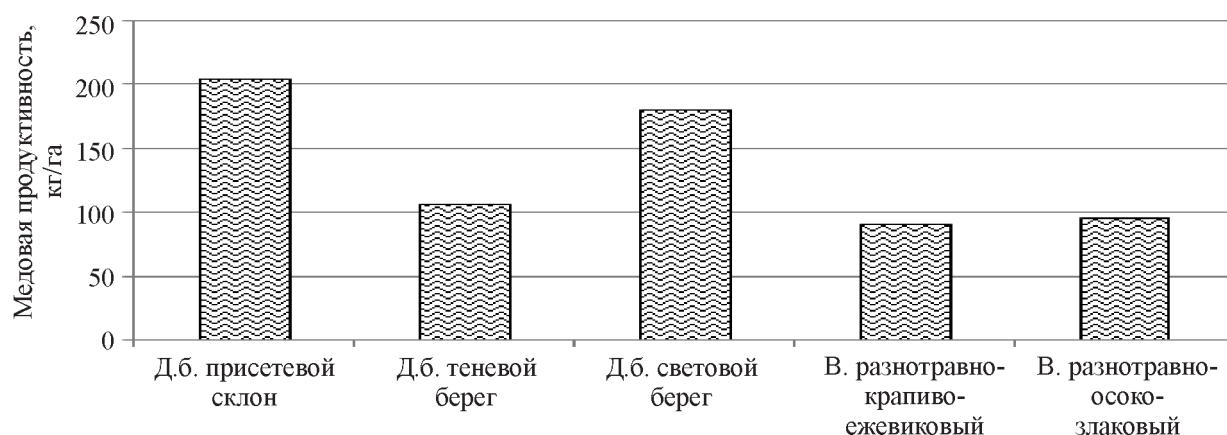


Рис. 3. Медовая продуктивность формаций вязовников

(Д.б. – дубняки байрачные; В. – вязовник)

Fig. 3. Nectariferous productivity of the elm forest formations (R.o. – ravine oak forest; E. – elm)

Табл. 2. Цветение и медовая продуктивность формаций байрачных и пойменных вязовников по типам леса

Table 2. Flowering and honey productivity of formations of the ravine and floodplain elms by forest types

Вид медоноса	Компонент фитоценоза/участие медоноса в составе древостоя	Срок цветения	Медовая продуктивность, кг/га
Дубняки байрачные на световых берегах			
Берест	Древостой/40–70 40–80	–	26,2
Вяз гладкий		08.IV – 14.IV	
Дуб низкоствольный	Древостой	–	35,5
Клен полевой		25.IV – 09.V	
Клен татарский		12.V – 26.V	
Боярышник		07.V – 18.V	
Груша обыкновенная	Кустарники	–	42,6
Шиповник		17.V – 27.V	
Терн		19.IV – 28.IV	
Тысячелистник обыкновенный	Травяной покров	–	70,6
Шалфей		25.V – 25.VI	
Итого			179,3
Дубравы байрачные на теневых берегах			
Вяз гладкий	Древостой/60–80	08. IV –14. IV	32,9
Клен татарский		12.V –26.V	
Дуб низкоствольный	Древостой	–	12,3
Ива белая		18.IV –29.IV	
Боярышник		07.V –18.V	
Груша обыкновенная		–	
Терн	Кустарники	19.IV – 28.IV	22,5
Зопник колючий		–	
Шандра ранняя		–	
Итого	Травяной покров	–	106,4
Дубняки байрачные присетевые			
Берест	Древостой/30–70 50	–	9,5
Вяз гладкий		08.IV –14.IV	
Клен полевой	Древостой	25.IV – 09.V	151,0
Дуб низкоствольный		–	
Лох узколистный	Кустарник	–	4,8
Шалфей		25.V –25.VI	
Подмаренник	Травяной покров	–	33,3
Итого		–	203,3
Вязовник разнотравно-крапиво-ежевиковый			
Вяз обыкновенный	Древостой/40–50	08.IV –14.IV	50,0
Шиповник		17.V –27.V	
Крушина ломкая	Подлесок	14.V –26.V	35,3
Калина обыкновенная		14.V – 20.V	
Крушина слабительная	Травяной покров	–	30,3
Ежевика		–	
Подмаренник		–	
Горошек мышиный		13.VI – 15.VII	
Итого			90,7
Вязовник разнотравно-осоко-злаковый			
Вяз гладкий	Древостой/10–50	08.IV – 14.IV	55,7
Ольха		14.V – 26.V	
Крушина слабительная	Подлесок	–	40
Итого		–	95,7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наблюдения за состоянием древостоев, динамикой лесоводственно-таксационных характеристик в различных лесорастительных условиях позволили установить зависимость медовой продуктивности от данных показателей. Благодаря наличию ильмовых древесный ярус этой формации является источником значительного медосбора ранней весной в период наращивания силы пчелиной семьи. Важную роль в формациях байрачных и пойменных вязовников играют различные виды *Acer* и представители травянистой растительности, но их цветение не совпадает с цветением ильмовых, тем самым увеличивая медоносную ценность *Ulmus* в период отсутствия цветущих медоносов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Franić Z. Apišumarstvo – pčelarstvo i šumarstvo // Šumarski list, 2019. N 3–4. P. 171–178. DOI: 10.31298/sl.143.3-4.7.
2. Максимов А.С., Лумбунов С.Г. Пчеловодство Бурятии // Пчеловодство. 2017. № 7. С. 3–4.
3. Панков Д.М. Оценка продуктивности многолетних бобовых трав // Аграрная наука. 2014. № 4. С. 14–17.
4. Нечаев А.А. Лещина – важнейший ранневесенний пыльценос Приамурья // Пчеловодство. 2022. № 4. С. 22–24.
5. Тужилина С.В., Савин А.П. Виды фацелии и их роль в кормовой базе пчеловодства // Пчеловодство. 2022. № 2. С. 19–21.
6. Овчинникова М.А., Морева Л.Я. Биопотенциал фитоценозов медоносных растений Краснодарского края // Пчеловодство. 2022. № 3. С. 18–20.
7. Khisamov R.R., Farkhutdinov R.G., Yumaguzhin F.G., Ishbulatov M.G., Mustafin R.F., Galeev E.I., Kutliyarov A.N., Rakhmatullin Z.Z. Honey production potential and cadastral valuation of melliferous resources for the Southern Ural // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13. N 5. DOI: 10.36478/jeasci.2018.4622.4629.
8. Khisamov R., Yanbaev Y., Yumaguzhin F., Farkhutdinov R., Ishbulatov M., Onuchin M., Mustafin R., Rakhmatullin Z., Talipov E. Nectariferous potential and cadastral evaluation of honey resources of the wildlife Altyin Solok

Reserve created for the conservation and reproduction of the Burzian population of the *Apis Mellifera Mellifera* L. // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2019. Vol. 25.

9. Самсонова И.Д., Саттаров В.Н. Ресурсный потенциал угодий для медосбора степного Придонья: монография. Воронеж: АртПринт, 2021. 210 с.
10. Маннапов А.Г., Хисамов Р.Р., Фархутдинов Р.Х., Талыпов М.А. Оценка естественных медоносных ресурсов лесов северной лесостепи Республики Башкортостан // Пчеловодство. 2020. № 6. С. 30–32.
11. Самсонова И.Д. Современное состояние и оценка ресурсного потенциала медоносных угодий Донского бассейна // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (94). С. 71–79. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-71-78.
12. Лепеско В.В., Рыбашлыкова Л.П. Особенности роста вяза приземистого на бурых почвах Астраханской полупустыни // Лесной журнал. 2022. № 3. С. 119–129. DOI: 10.37482/0536-1036.
13. Демаков Ю.П., Исаев А.В. Структура и закономерности развития древостоев в пойменных лесах Республики Марий Эл // Сибирский лесной журнал. 2019. № 6. С. 111–125. DOI: 10.15372/SJFS20190612.
14. Саттаров В.Н., Самсонова И.Д., Морев И.А., Ильясов Р.А. Фундаментальные методы исследований в пчеловодстве и их результаты: монография. Уфа: БГПУ им. М. Акмуллы, 2023. 183 с.

REFERENCES

1. Franić Z. Apišumarstvo – pčelarstvo i šumarstvo. Šumarski list, 2019, no. 3–4, pp. 171–178. DOI: 10.31298/sl.143.3-4.7.
2. Maksimov A.S., Lumbunov S.G. Beekeeping of Buryatia. Pchelovodstvo = Beekeeping, 2017, no. 7, pp. 3–4. (In Russian).
3. Pankov D.M. Perennial legumes productivity assessment. Agrarnaya nauka = Agrarian Science, 2014, no. 4, pp. 14–17. (In Russian).
4. Nechaev A.A. Hazel is the most important early spring pollen-bearer of the Amur region. Pchelovodstvo = Beekeeping, 2022, no. 4, pp. 22–24. (In Russian).
5. Tuzhilina S.V., Savin A.P. Types of phacelia and their role in the food base of beekeeping. Pchelovodstvo = Beekeeping, 2022, no. 2, pp. 19–21. (In Russian).

6. Ovchinnikova M.A., Moreva L.Ya. Biopotential of phytocenoses of melliferous plants in the Krasnodar Territory. *Pchelovodstvo = Beekeeping*, 2022, no. 3, pp. 18–20. (In Russian).
7. Khisamov R.R., Farkhutdinov R.G., Yumaguzhin F.G., Ishbulatov M.G., Mustafin R.F., Galeev E.I., Kutliyarov A.N., Rakhmatullin Z.Z. Honey production potential and cadastral valuation of melliferous resources for the Southern Ural. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2018, vol. 13, no. 5. DOI: 10.36478/jeasci.2018.4622.4629.
8. Khisamov R., Yanbaev Y., Yumaguzhin F., Farkhutdinov R., Ishbulatov M., Onuchin M., Mustafin R., Rakhmatullin Z., Talipov E. Nectariferous potential and cadastral evaluation of honey resources of the wildlife Altyin Solok Reserve created for the conservation and reproduction of the Burzian population of the *Apis Mellifera Mellifera* L. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2019, vol. 25.
9. Samsonova I.D., Sattarov V.N. *Resource potential of land for the medical collection of the steppe Pridonye*. Voronezh, ArtPrint Publ., 2021, 210 p. (In Russian).
10. Mannapov A.G., Khisamov R.R., Farkhutdinov R.H., Talipov M.A. Assessment of natural melliferous resources of the forests of the northern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan. *Pchelovodstvo = Beekeeping*, 2020, no. 6, pp. 30–32. (In Russian).
11. Samsonova I.D. Current state and assessment of resource potential of honey lands of the Don basin. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 2022, no. 2 (94), pp. 71–79. (In Russian). DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-71-78.
12. Lepesco V.V., Rybashlykova L.P. Growth features of Siberian elm on brown soils of the Astrakhan semi-desert. *Lesnoj zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2022, no. 3, pp. 119–129. (In Russian). DOI: 10.37482/0536-1036.
13. Demakov Yu.P., Isaev A.V. Structure and regularities of tree stand development in flood-plain forests of Mari El Republic. *Sibirskij lesnoj zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*, 2019, no. 6, pp. 111–125. (In Russian). DOI: 10.15372/SJFS20190612.
14. Sattarov V.N., Samsonova I.D., Morev I.A., Ilyasov R.A. *Fundamental methods of research in beekeeping and their results*. Ufa, BSPU named after M. Akmulla Publ., 2023, 183 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Самсонова И.Д.**, доктор биологических наук, доцент, профессор; **адрес для переписки:** Россия, 194021, Санкт-Петербург, Институтский переулок, 5; e-mail: isamsonova18@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Irina D. Samsonova**, Doctor of Science in Biology, Associate Professor, Professor; **address:** 5, Institutsky lane, Saint-Petersburg, 194021, Russia; e-mail: isamsonova18@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 20.03.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 10.05.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023

ХАРАКТЕР НАРАСТАНИЯ ГРИБНОЙ ИНФЕКЦИИ В СОРТОВЫХ БИОЦЕНОЗАХ ОЗИМОЙ РЖИ И ПОИСК УСТОЙЧИВЫХ ГЕНОТИПОВ

✉ Шеклеина Л.М., Шешегова Т.К.

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого

Киров, Россия

✉ e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Изучено 26 генотипов озимой ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока и 43 образца из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР). Полевые исследования проведены в 2020–2022 гг. в условиях Кировской области на естественном фоне развития грибных болезней с целью поиска новых генетических источников с комплексной неспецифической устойчивостью к грибным болезням. Мониторинг болезней (с фазы 31 по 85 по шкале Zadoks) позволил провести анализ нарастания грибной инфекции и выявить восприимчивые генотипы. При учете болезней использовали общеизвестные методики. Характер растительно-микробных взаимодействий и параметры устойчивости оценивали по показателям ПКРБ (площадь под кривой развития болезни) и ИУ (индекс устойчивости). К восковой спелости только один коллекционный образец Россиянка 2 сохранял высокую устойчивость к септориозу в сочетании с признаком «slow rusting». Показатель ПКРБ составил 105 единиц, ИУ – 0,12. Приведенные уравнения регрессии носят линейный характер, на основании которых можно утверждать, что суточное нарастание болезней по тренду на сортах ФАНЦ Северо-Востока составляет 5,4...9,9% (бурая ржавчина) и 8,4...16,4% (стеблевая); на образцах коллекции ВИР – 6,4...12,1% (бурая) и 15,0...45,0% (стеблевая). Величина коэффициента детерминации $R^2 = 90\text{--}99\%$ характеризуется как сильная. Отмечена более высокая ржавчиноустойчивость сортов ФАНЦ Северо-Востока по сравнению с изученными образцами коллекции ВИР. Выявлено 24 сорта озимой ржи с неспецифической устойчивостью к двум грибным болезням и более и медленным «slow rusting» нарастанием инфекции в течение онтогенеза (Флора, Графиня, Перепел, Графит, Графит ФП, Лика, Гармония, Симфония, Румба крупнозерная, Wibro, Кауро, Pastewne Zielone и др.). Данные сорта могут быть использованы в селекции на повышение фитоиммунитета к конкретным болезням в качестве источников признака.

Ключевые слова: *Secale cereale* L., мучнистая роса, септориоз, бурая и стеблевая ржавчина, показатель ПКРБ, индекс устойчивости, источники устойчивости

THE NATURE OF FUNGAL INFECTION GROWTH IN VARIETAL BIOCOENOSES OF WINTER RYE AND THE SEARCH FOR RESISTANT GENOTYPES

✉ Shchekleina L.M., Sheshegova T.K.

Federal Agrarian Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky

Kirov, Russia

✉ e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

26 genotypes of winter rye from the selection of FASC of the North-East and 43 samples from the collection of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov (VIR) were studied. Field studies were conducted in 2020–2022 in the conditions of the Kirov region on the natural background of fungal disease development in order to search for new genetic sources with complex non-specific resistance to fungal diseases. Disease monitoring (phases 31 to 85 on the Zadoks scale) allowed analysis of fungal infection build-up and identification of susceptible genotypes. Commonly known techniques were used to record the diseases. The nature of plant-microbial interactions and resistance parameters were evaluated by the AUDPC (area under disease progress curve) and the RI (resistance index) figures. By wax ripeness, only one collection sample, Rossiyanka 2, retained high resistance to septoriose in combination with the “slow rusting” trait. The AUDPC indicator was 105 units and the RI was 0.12. The given regression equations are linear in nature, on the basis of which it can be stated that daily increase of diseases according to the trend on the varieties of FASC of the North-East is 5.4...9.9% (brown rust) and 8.4...16.4% (stem rust); on the VIR collection samples – 6.4...12.1% (brown rust) and 15.0...45.0% (stem rust). The value of the coefficient of determination $R^2 = 90\text{--}99\%$ is characterized as strong. Higher rust resistance of the FASC of the North-East varieties was noted in comparison with the

studied samples of the VIR collection. 24 winter rye varieties with nonspecific resistance to two or more fungal diseases and slow “slow rusting” increase of infection during ontogenesis were identified (Flora, Grafinya, Perepel, Grafit, Grafit FP, Lika, Harmony, Symphony, Rumba large-grained, Wibro, Kaupo, Pastewne Zielone, etc.). These varieties can be used in breeding for increasing phytoimmunity to specific diseases as the trait sources.

Keywords: *Secale cereale* L., powdery mildew, septoriose, leaf and stem rust, AUDPC index, resistance index, sources of resistance

Для цитирования: Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К. Характер нарастания грибной инфекции в сортовых биоценозах озимой ржи и поиск устойчивых генотипов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 36–43. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-4>

For citation: Shchekleina L.M., Sheshegova T.K. The nature of fungal infection growth in varietal biocoenoses of winter rye and the search for resistant genotypes. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 36–43. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Озимая рожь – это уникальная зерновая культура, которая не требовательна к условиям произрастания: плодородию почв, пестицидам и агрохимикатам. Она обладает высокой зимо- и морозостойкостью, устойчивостью к почвенной засухе и кислотности. Известно, что производственные посевы ржи замедляют развитие сорных растений, сохраняют почвенный покров от разрушения и повышают его структуру [1–5]. В настоящее время посевные площади под озимой рожью составляют менее 1 млн га. Основные посевы расположены в Приволжском федеральном округе, где сосредоточено 74% всех площадей ржи (в 2020 г. – 730,9 тыс. га), из них на Кировскую область приходится 58 тыс. га [6]. Удлиненный вегетационный период и нестабильность климатических факторов Кировской области обостряют фитосанитарную обстановку на посевах озимой ржи, складываются подходящая среда для проявления всевозможных инфекций таких, как снежная плесень, корневые гнили, мучнистая роса, ржавчина, спорынья и др. [1, 7].

В России до сих пор не существует сортов озимой ржи с устойчивостью на уровне по-

рога вредоносности. Длительная защита от массового поражения растений инфекционными болезнями на обширной территории позволит увеличить производство зерна в конкретных агроклиматических условиях, а также повысить его качество и контроль в посевах. Поэтому одной из важных задач селекционного улучшения этой культуры является выявление эффективных генисточников устойчивости для селекции [8, 10]. В настоящее время актуальными исследованиями в селекции на иммунитет являются поиск генотипов с долговременной неспецифической устойчивостью, которая проявляется в уменьшении количества пустул, налетов, пятен на поверхности пораженного органа, в увеличении длительности латентного периода патогенеза и в снижении скорости развития эпифитотии. Для озимой ржи как важной продовольственной культуры в условиях постоянного наличия возбудителей болезней и долговременной смены сортов характерна резистентность к медленному нарастанию грибных болезней¹. Прогноз развития болезней позволяет отслеживать их болезнетворность и раннее развитие заболевания и выявлять генотипы с медленным нарастанием инфекции «slow rusting»².

¹Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) теория и практика. М.: издательство Агрос, 2009. Т. 3. 958 с.

²Коломиец Т.М., Коваленко Е.Д., Панкратова Л.Ф., Скаменок О.О., Bockelman H. Изучение параметров частичной устойчивости у сортов пшеницы к возбудителям *Stagonospora nodorum* и *Septoria tritici* // Иммунологическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: теория и практика: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. Большие Вязьмы Московской обл., 2012. С. 257–261.

Дополнительно при анализе растительно-микробных взаимодействий и учета болезней применяют два показателя устойчивости: ПКРБ (площадь под кривой развития болезни) и ИУ (индекс устойчивости).

Цель исследований – поиск новых генетических источников с комплексной неспецифической устойчивостью к грибным болезням среди отечественных сортов озимой ржи и образцов из коллекции ВИР.

Задачи исследований:

– изучить разный генофондный материал озимой ржи по характеру нарастания эпифитотийно-опасных грибных болезней в условиях естественной инфекционной нагрузки патогенов;

– выявить наименее поражаемые болезнями сорта и образцы, а также формы с медленным нарастанием инфекции в биоценозах для селекции на фитоиммунитет.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в Федеральном аграрном научном центре Северо-Востока (ФАНЦ Северо-Востока) в 2020–2022 гг. Полевые исследования проведены на опытном поле ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров) по предшественнику чистый пар. Под предпосевную культивацию внесена нитроаммофоска из расчета 1,5 ц/га. Агротехника возделывания – общепринятая для центральной зоны Кировской области. Почва опытных участков дерново-подзолистая, среднесуглинистая. Агрохимическая характеристика почвы питомников: содержание гумуса – 2,43–3,56%; содержание подвижного фосфора – 334–349 мг/кг; обменного калия – 232–304 мг/кг почвы; рН солевой вытяжки – 5,0–5,4.

Материал исследований представлен 26 перспективными сортами селекции ФАНЦ Северо-Востока и 43 образцами из коллекции

ВИР (г. Санкт-Петербург). Изученный материал высевали в питомнике коллекции и конкурсного сортоиспытания отдела озимой ржи ФАНЦ Северо-Востока. Площадь делянок – 1 и 15 м², повторность – дву- и шестикратная соответственно. Полевые опыты закладывали согласно методике государственного сортоиспытания³. Диагностику и учеты развития болезней определяли по общепринятым методикам^{4,5}. Степень развития оценивали 3–5 раз за период развития растений – от выхода в трубку до восковой спелости зерна (фазы 31–85 по шкале Zadoks) с интервалом 10–16 дней от первых симптомов поражения до затухания патологического процесса.

Показатель ПКРБ рассчитывается по формуле, предложенной D.F. Johnson и R.D. Wilcoxson⁶. Абсолютные значения показателя ПКРБ варьируют по годам в зависимости от агрометеорологических условий и инфекционной нагрузки, дополнительным критерием являлся ИУ. Индекс устойчивости предоставляет классифицировать генотипы по уровню частичной устойчивости или «slow rusting». Показатель ИУ рассчитывается по формуле⁷ и делится на четыре группы: 0,10...0,35 – высокий уровень устойчивости; 0,36...0,65 – средний; 0,66...0,80 – низкий; более 0,81 – восприимчивый.

Статистическая обработка проведена с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.07.) и программы Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для выявления генотипов, обладающих разными типами неспецифической устойчивости к болезням (с длительным инкубационным периодом и медленным нарастанием инфекции), коллекционные образцы и сорта ФАНЦ Северо-Востока оценивали в динамич-

³Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. Вып. 2. Ч. 2. 230 с.

⁴Кобылянский В.Д., Королёва Л.А. Методические указания по селекции озимой ржи на устойчивость к грибным болезням. Ленинград, 1977. 26 с.

⁵Шешегова Т.К., Кедрова Л.И. Методические рекомендации по созданию искусственных инфекционных фонов и оценке озимой ржи на устойчивость к болезням. Киров, 2003. 30 с.

⁶Johnson D.F., Wilcoxson R.D. A table of areas under disease progress curves. Technical Bulletin, Texas Agriculture Experiment Station. Texas, 1981. No 1377. P. 2–10.

⁷Макаров А.А., Стрижекозин Ю.А., Соломатин Д.А. Количественная классификация сортов пшеницы по степени расо-неспецифической устойчивости к бурой ржавчине // Иммуитет сельскохозяйственных культур к возбудителям грибных болезней. М., 1991. С. 105–110.

ке развития болезней. Учеты проводили, начиная с первых симптомов поражения. Такой мониторинг позволяет прогнозировать раннее развитие эпифитотий и выявлять генотипы, восприимчивые в начале онтогенеза, а также формы с медленным нарастанием инфекции. Эти исследования особенно актуальны для культур с длительной сортосменой, к которым относится и озимая рожь (см. сноску 1).

Критических отклонений в температурном и водном режиме отмечено не было. Зимняя вегетация растений прошла под высоким снежным покровом. Благоприятный водный и тепловой режим весеннего периода способствовал активной регенерации озимой ржи. В связи с холодными условиями в мае (средняя температура ниже нормы на 3,4 °С) происходило затягивание онтогенеза растений в начале вегетации и развития фитопатогенных грибов. Поэтому достаточное количество почвенной влаги и относительно благоприятный температурный фон в летний период вегетации ржи способствовали развитию грибных болезней, что позволило объективно оценить генофондный материал озимой ржи.

Взаимодействие: *Secale cereale* – *Blumeria graminis*. При наиболее высоком развитии мучнистосорсяной инфекции снижается продуктивность растений, сокращается усвоение листьев питательных веществ, разрушается хлорофилл [10, 11]. По нашим данным, болезнь встречается в Кировской области с частотой 4–5 раз за 10 лет, вредоносность – 10–15%⁸. Первые признаки *B. graminis* среди изученного материала отмечены в фазу начало колошения (фаза 51 по шкале Zadoksa). Отсутствовали симптомы мучнистосорсяного налета у семи сортов селекции ФАНЦ Северо-Востока: Кировская 89, Флора, Гармония, Симфония, Перепел, Лика и Графит ФП и семи коллекционных образцов: Кауро (Латвия), Мару 4 (Япония), SCW 1662, Borulles, Danae (Германия) и двух образцов из коллекции В.Д. Кобылянского. Можно полагать, что данные генотипы отличаются более продолжительным инкубационным периодом. Наиболее сильное развитие болезни обнаружено к третьему и четвертому учетам (фаза 69–75)

у четырех сортов НВАК 285/15 (28,3%), Ниоба (28,0), Ника 3 НП (40,0) и Folud (40,0%). Устойчивость (развитие болезни до 15,0%) выявлена у шести сортов ФАНЦ Северо-Востока (Флора, Графиня, Лика, Гармония, Симфония, Перепел) и восьми коллекционных образцов (ИН-14, Wiedmannsdank, SCW 1662, Borulles, Danae (Германия), Низкостебельная (Болгария) и двух образцов из коллекции В.Д. Кобылянского). Судя по относительно низким значениям ПКРБ (233...370 и 225...363 единиц (ед.) соответственно), в биоценозах этих генотипов идет относительно медленное нарастание мучнистосорсяной инфекции. Индекс устойчивости большинства изученных сортов отмечен 0,36...0,65, что свидетельствует о среднем уровне устойчивости к мучнистой росе. Исключение составляют сорта Borulles, Danae, SCW 1662 и образцы из коллекции В.Д. Кобылянского, степень поражения которых составила до 15,0%, ИУ – 0,26...0,29. У индикаторных сортов значения ПКРБ = 634 ед. (Кипрез) и ПКРБ = 875 ед. (Ника 3 НП).

Взаимодействие: *Secale cereale* – *Septoria nodorum*. За 10 лет наблюдений встречаемость септориозной инфекции в области на посевах ржи проявлялась 3–4 раза при вредоносности – 10–15% (см. сноску 8). С 2012 г. частота проявления и развитие болезни усиливаются, и практически ежегодно более половины площадей ржи бывают поражены этой болезнью [7]. При изучении генофонда озимой ржи слабое развитие септориоза от 0,5 до 10,0% диагностировали в фазу 51–59. Отсутствовали симптомы у четырех сортов селекции ФАНЦ Северо-Востока (Кировская 89, Графиня, Гармония, Симфония) и пяти коллекционных образцов (Polko (ЮАР), Wibro (Польша), Кауро (Латвия), Россиянка 2 и Фаленская универсальная НП), что свидетельствует о более продолжительном латентном периоде в патосистеме. К началу молочной спелости у всех сортов ФАНЦ Северо-Востока еще сохранялась высокая устойчивость, у коллекционных образцов признак сохранился у 18. Интенсивное нарастание септориоза происходило в фазу восковой спелости. Наиболее

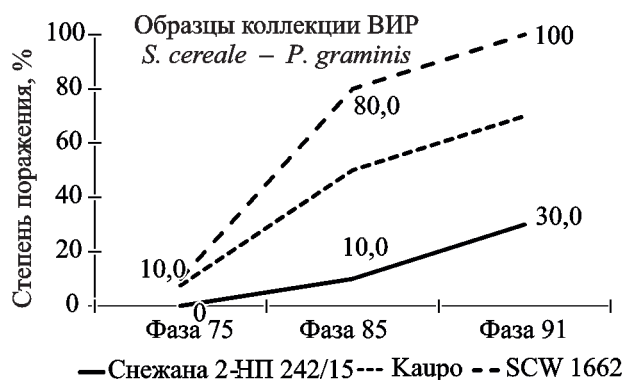
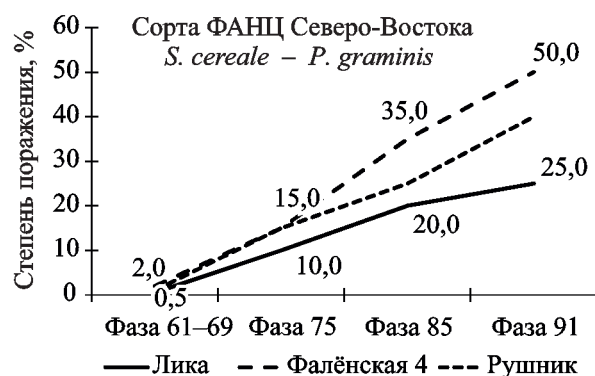
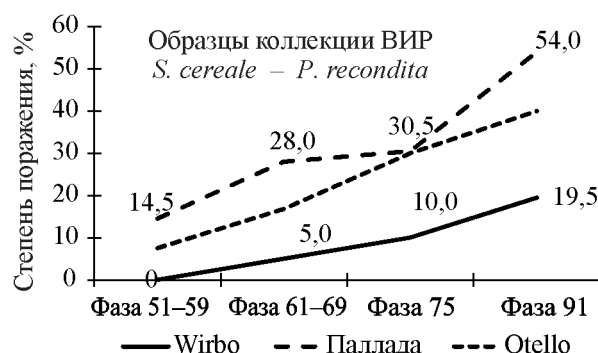
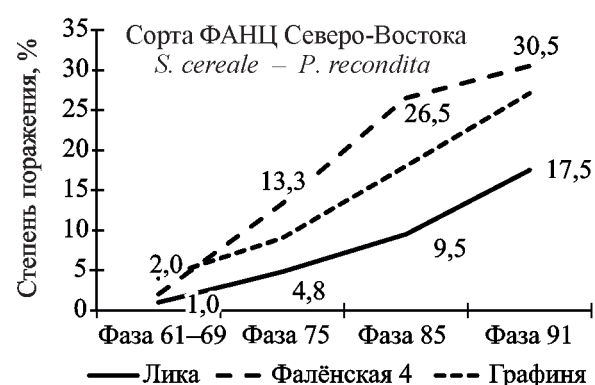
⁸Кедрова Л.И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока. 2000. 158 с.

устойчивыми (развитие болезни до 15,0%) и характеризующимися признаками «slow rusting» были сорта ФАНЦ Северо-Востока Гармония и Перепел, а также коллекционные образцы: Polko (ЮАР), Wibro (Польша), Кауро (Латвия), Pastewne Zielone (Польша), Carsten's (Германия), Таловская 2, Россиянка 2, Фаленская универсальная, Отава НП и образец из коллекции В.Д. Кобылянского. Лишь один коллекционный образец Россиянка 2 сохранял высокую устойчивость к болезни в сочетании с признаком «slow rusting». Показатель ПКРБ составил 105 ед., ИУ – 0,12, при значении показателя ПКРБ у индикаторных сортов 527 ед. (Роса) и 870 ед. (Borulles).

Взаимодействие: *Secale cereale* – *Puccinia recondita*. По нашим данным, ржавчинная инфекция в Кировской области проявляется в среднем 5–7 раз (бурая) и 3–4 раза (стеблевая) при уровне вредоносности 10–15% и 20–50% соответственно (см. сноску 8). Первые пустулы *P. recondita* на листьях обнаружены в фазе 51–55 (см. рисунок). Симпто-

мы болезни отсутствовали у восьми сортов ФАНЦ Северо-Востока (Кировская 89, Снежана, Флора, Графиня, Лика, Симфония, Румба крупнозерная, Сармат) и шести коллекционных образцов (Wirbo (Польша), Кауро (Латвия), Pastewne Zielone (Польша), ИН-14, Wiedmannsdank (Германия) и Снежана 2 НП 242/1). Усиление развития ржавчинной инфекции до 54,0% происходило к фазе 75. Показатель ПКРБ составил 874 (Снежана) и 1245 ед. (Паллада); ИУ – 0,98 и 0,93. В этих условиях умеренная устойчивость (развитие болезни до 20,0%) отмечена у сортов ФАНЦ Северо-Востока (Румба крупнозерная, Флора, Графит и Графит ФП) и образцов коллекции ВИР (Wirbo, Кауро и Pastewne Zielone). Значения ПКРБ составили 367...427 и 275...366, ИУ – 0,42...0,52 и 0,22...0,35.

Взаимодействие: *Secale cereale* – *Puccinia dispersa*. Увеличение степени поражения ржи стеблевой ржавчиной приводит к снижению массы зерна с колоса, массы 1000 зерен, уменьшению числа зерен в колосе и его озер-



Наращение инфекции в биоценозах сортов, отличающихся уровнем горизонтальной устойчивости к видам ржавчины

The growth of infection in the biocenoses of the varieties that differ in the level of horizontal resistance to rust species

ненности, а с поражением стебля его устойчивость к полеганию возрастает [12]. Первые симптомы стеблевой формы ржавчины появились в период налива зерна (фаза 71–75). У большинства коллекционных образцов и сортов ФАНЦ Северо-Востока не выявлено пустул патогена. Развитие ржавчинной инфекции нарастало при повышении температуры от +18,6 °С (I декада июля) до +20,2 °С (II и III декады июля), о чем свидетельствует уровень поражения изучаемых сортов при последующих учетах.

Развитие болезни на индикаторных сортах в разном генофондном материале достигало 50,0 (НВАК 285/15) и 100% (Otello, Edelhofer New, Coro Kurz и SCW 1662), что характеризует естественный инфекционный фон как очень жесткий (см. рисунок). На этом фоне среди сортов селекции ФАНЦ Северо-Востока можно выделить наименее поражаемые (до 15,0%): Лика, Гармония, Симфония и Графит, у которых показатель ПКРБ составил 135...203 ед. В коллекции ВИР наименьшее поражение (до 30,0%) выявлено у двух образ-

Табл. 1. Источники комплексной устойчивости и медленного нарастания грибной инфекции

Table. 1. Sources of complex resistance and slow growth of fungal infection

Мучнистая роса	Септориоз	Бурая ржавчина	Стеблевая ржавчина
Флора, Графиня, Лика, Гармония, Симфония, Перепел, ИН-14, Wiedmannsdank, SCW 1662, Borulles, Danae, Низкостебельная, два образца из коллекции В.Д. Кобылянского	Гармония, Перепел, Polko, Wibro, Кауро, Pastewne Zielone, Carsten's, Таловская 2, Россиянка 2, Фаленская универсальная, Отава НП, два образца из коллекции В.Д. Кобылянского	Графит, Румба крупнозерная, Флора, Графит ФП; Wirbo, Кауро, Pastewne Zielone	Графит, Румба крупнозерная, Флора, Графит ФП, Wirbo, Кауро, Pastewne Zielone
<i>Степень поражения устойчивых сортов, %</i>			
11,7...15,5	10,0...15,0	16,3...20,5	10,0...30,0
<i>Показатель ПКРБ</i>			
225...380	105...324	275...367	135...277
<i>Значение ИУ</i>			
0,26...0,36	0,12...0,37	0,22...0,35	0,13...0,31
<i>Степень поражения у индикаторных (восприимчивых) сортов, %</i>			
28,3...40,0	28,3...45,0	42,5...54,0	50,0...100
<i>Показатель ПКРБ</i>			
634...875	527...870	874...1245	645...923

Табл. 2. Уравнения регрессии на различных по восприимчивости к листовостеблевой ржавчинной инфекции генотипах ржи

Table 2. Regression equations for rye genotypes with different susceptibility to leaf rust infection

Сорт, образец	Генофондный материал	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации, R ²
Бурая ржавчина			
Лика	Сорта ФАНЦ Северо-Востока	$y = 5,42x - 5,35$	0,969
Фалёнская 4		$y = 9,87x - 6,6$	0,962
Графиня		$y = 7,83x - 5,05$	0,984
Wibro	Образцы коллекции ВИР	$y = 6,35x - 7,25$	0,971
Паллада		$y = 12,1x + 1,5$	0,905
Otello		$y = 11,07x - 4,1$	0,996
Стеблевая ржавчина			
Лика	Сорта ФАНЦ Северо-Востока	$y = 8,35x - 7,0$	0,982
Фалёнская 4		$y = 16,4x - 15,5$	0,994
Рушник		$y = 12,7x - 11,5$	0,995
Снежана 2 НП-242/15	Образцы коллекции ВИР	$y = 15,0x - 16,67$	0,964
Кауро		$y = 31,5x - 20,0$	0,959
SCW 1662		$y = 45,0x - 26,67$	0,907

цов из коллекции В.Д. Кобылянского, а также у сортов Снежана 2 НП 242/15, Донская НП и Ника 3 НП.

Таким образом, в изученном генофондном материале озимой ржи выявлены генотипы, проявившие устойчивость к двум грибным болезням и более, которые могут быть использованы в селекции на повышение устойчивости к данным заболеваниям в качестве источников (см. табл. 1).

На части изученного генофонда, различающегося уровнем поражения видами ржавчины, проанализирована тенденция нарастания ржавчинной инфекции. Приведенные уравнения регрессии носят линейный характер, на основании которых можно утверждать, что суточное нарастание болезней по тренду на сортах ФАНЦ Северо-Востока составляет 5,4...9,9% (бурая ржавчина) и 8,4...16,4% (стеблевая); на образцах коллекции ВИР – 6,4...12,1% (бурая) и 15,0...45,0% (стеблевая). Величина коэффициента детерминации $R^2 = 90-99\%$ характеризуется как сильная (см. табл. 2). Полученные данные свидетельствуют о достаточно успешной работе ФАНЦ Северо-Востока в повышении ржавчиноустойчивости озимой ржи по сравнению с изученными образцами коллекции ВИР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате иммунологических исследований выявлено 24 сорта озимой ржи, отличающихся неспецифической устойчивостью к двум грибным болезням и более и медленным «slow rusting» нарастанием инфекции в течение онтогенеза, среди которых: Флора, Графиня, Перепел, Графит, Графит ФП, Лика, Гармония, Симфония, Румба крупнозерная, Wibro, Кауро, Pastewne Zielone и др. Они могут быть использованы в селекции на повышение фитоиммунитета к конкретным болезням в качестве источников признака.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щеклеина Л.М., Шешегова Т.К., Уткина Е.И. Поиск иммунологически-ценных генотипов озимой ржи с использованием отдельных параметров неспецифической устойчивости // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22 (4). С. 507–517. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.507-517.
2. Пономарев С.Н., Пономарева М.Л., Маннапова Г.С., Фомин С.И. Особенности формирования урожайности озимой ржи в контрастных гидротермических условиях севера Средневожья // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 4 (44). С. 151–162. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-151-162.
3. Чайкин В.В., Торон А.А., Торон Е.А. Изменение архитектоники растения как направление в селекции озимой ржи // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 3 (39). С. 23–33. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-23-33.
4. Урбан Э.П., Гордей С.И., Артюх Д.Ю., Гордей И.С. Направления, методы и результаты селекции ржи (*Secale cereale* L.) в Беларуси // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. 2022. Vol. 60. N 2. Р. 160–170. DOI: 10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170.
5. Шпанев А.М. Фитосанитарное состояние посевов озимой ржи на агроэкологическом стационаре Меньковского филиала Агрофизического научно-исследовательского института // Вестник защиты растений. 2018. № 3 (97). С. 67–72.
6. Сысуев В.А., Кедрова Л.И., Уткина Е.И. Значение озимой ржи для сохранения природного агроэкологического баланса и здоровья человека (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 1. С. 14–20. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-1-014-020.
7. Шешегова Т.К., Щеклеина Л.М. Фитопатогенная биота в условиях потепления климата (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 6–13. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-3-006-013.
8. Кобылянский В.Д., Солодухина О.В. Использование доноров ценных признаков растений в селекции новых сортов озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 29 (7). С. 7–12.
9. Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Бугрова В.В., Марченкова Л.А., Павлова О.В., Чавдарь Р.Ф. Создание исходного материала озимой пшеницы на устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам в Центральном Нечерноземье // АгроФорум. 2019. № 7. С. 58–62.
10. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н., Маннапова Г.С., Илалова Л.В. Фитосанитарный мониторинг наиболее вредоносных болезней озимой ржи в Республике Татарстан // Вестник КрасГАУ. 2019. № 9. С. 27–34.
11. Ключевич М.М., Столяр С.Г. Вредоносность *Blumeria graminis* (DC.) f. sp. tritici Speer ржи озимой в условиях Полесья Украины // Земледелие и растениеводство. 2022. № 2. С. 46–49.

12. Дедяев В.Г. Вредоносность стеблевой ржавчины на озимой ржи // Защита и карантин растений. 2018. № 12. С. 44–46.

REFERENCES

1. Shchekleina L.M., Sheshegova T.K., Utkina E.I. Search for immunologically valuable winter rye genotypes using separate parameters of non-specific resistance. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2021, no. 22 (4), pp. 507–517. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.507-517.
2. Ponomarev S.N., Ponomareva M.L., Mannapova G.S., Fomin S.I. Features of winter rye yield formation in contrasting hydrothermal conditions of the northern Middle Volga region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*, 2022, no. 4 (44), pp. 151–162. (In Russian). DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-151-162.
3. Chaikin V.V., Torop A.A., Torop E.A. Changes in plant architectonics as a direction in winter rye breeding. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*, 2021, no. 3 (39), pp. 23–33. (In Russian). DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-23-33.
4. Urban E.P., Gordei S.I., Artyukh D.Yu., Gordei I.S. Directions, methods and results of rye (*Secale cereale* L.) breeding in Belarus. *Izvestiya Nacional'noj akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2022, vol. 60. no. 2. pp. 160–170. (In Russian). DOI: 10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170.
5. Shpanev A.M. Phytosanitary condition of winter rye crops at the agroecological station of the Menkovsky branch of the Agrophysical Research Institute. *Vestnik zashchity rastenii. = Plant Protection News*, 2018, no. 3 (97). pp. 67–72. (In Russian).
6. Sysuev V.A., Kedrova L.I., Utkina E.I. Importance of winter rye for maintaining natural agroecological balance and human health (review). *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya = Theoretical and Applied Ecology*, 2020, no. 1. pp. 14–20. (In Russian). DOI: 10.25750/1995-4301-2020-1-014-020.
7. Sheshegova T.K., Shchekleina L.M. Phytopathogenic biota in the conditions of climate warming (review). *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya = Theoretical and Applied Ecology*, 2022, no. 3, pp. 6–13. (In Russian). DOI: 10.25750/1995-4301-2022-3-006-013.
8. Kobylanskii V.D., Solodukhina O.V. The use of donors of valuable traits of plants in breeding of new varieties of winter rye. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2015, no. 29 (7). pp. 7–12. (In Russian).
9. Sandukhadze B.I., Mamedov R.Z., Bugrova V.V., Marchenkova L.A., Pavlova O.V., Chavdar' R.F. Creation of the initial material of winter wheat for resistance to biotic and abiotic stresses in the Central Non-Black Earth Region. *AgroForum = AgroForum*, 2019, no. 7, pp. 58–62. (In Russian).
10. Ponomareva M.L., Ponomarev S.N., Mannapova G.S., Ilalova L.V. Phytosanitary monitoring of the most harmful winter rye diseases in the Republic of Tatarstan. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KrasGAU*, 2019, no. 9, pp. 27–34. (In Russian).
11. Klyuchevich M.M., Stolyar S.G. Harmfulness of *Blumeria graminis* (DC.) f. sp. tritici Speer of winter rye in the conditions of Polesye Ukraine. *Zemledelie i rastenievodstvo = Crop Farming and Plant Growing*, 2022, no. 2, 46–49. (In Russian).
12. Dedyayev V.G. Harmfulness of stem rust on winter rye. *Zashchita i karantin rastenii = Plant protection and quarantine*, 2018, no. 12. pp. 44–46. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Щеклеина Л.М., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений; **адрес для переписки:** Россия, 610007, Киров, ул. Ленина, 166-а; e-mail:immunitet@fanc-sv.ru

Шешегова Т.К., доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией иммунитета и защиты растений

AUTHOR INFORMATION

✉ **Lucia M. Shchekleina**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher of the Laboratory of Immunity and Plant Protection; **address:** 166-a, Lenina St., Kirov, 610007, Russia; e-mail: immunitet@fanc-sv.ru

Tatyana K. Sheshegova, Doctor of Science in Biology, Lead Researcher, Head of the Laboratory of Immunity and Plant Protection

Дата поступления статьи / Received by the editors 14.02.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 15.04.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023

ОЦЕНКА ГИБРИДОВ ТИМОФЕЕВКИ ЛУГОВОЙ (*PHLEUM PRATENSE* L.) НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Клочкова Н.Л.¹, (✉) Теличко О.Н.²

¹Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки
Приморский край, Уссурийск, Россия

²Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений –
филиал Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки
Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия

(✉) e-mail: biometod@rambler.ru

Тимофеевка луговая – ценная кормовая культура, используемая для создания сенокосов и пастбищ. Представлены результаты исследований семенной продуктивности гибридных образцов тимopheевки луговой. Цель исследования – создать новый гибридный материал для селекции тимopheевки луговой, адаптированный к условиям степной зоны Приморского края. Объектом исследований стали гибриды тимopheевки луговой второго поколения (F_2). В селекционном питомнике (F_2) третьего года жизни изучено 39 гибридных образцов. Среди них наиболее перспективными оказались следующие: № 4 (Нарымская ♀ × Приморская местная ♂), № 12 (Приморская местная ♀ × Моршанская 69 ♂), № 27 (Приморская местная ♀ × Нарымская ♂) и № 36 (Моршанская 69 ♀ × Приморская местная ♂). По числу генеративных побегов выделились образцы № 12 (Приморская местная ♀ × Моршанская 69 ♂) и № 36 (Моршанская 69 ♀ × Приморская местная ♂) – 19–21 шт./растение. Продуктивность семян у изученных гибридных образцов варьировала от 3,95 г/растение (№ 4, Нарымская ♀ × Приморская местная ♂) до 10,0 г/растение (№ 36, Моршанская 69 ♀ × Приморская местная ♂). Среди них наибольшей продуктивностью характеризовались образцы № 27 (Приморская местная ♀ × Нарымская ♂) – 8,15 г/растение и № 36 (Моршанская 69 ♀ × Приморская местная ♂) – 10,0 г/растение, превышение над стандартом составило 7,2–31,6%. Анализ посевных качеств показал, что наиболее крупносемянным является гибрид № 27 (Приморская местная ♀ × Нарымская ♂), который превзошел стандарт по массе 1000 семян на 0,18 г. По комплексу хозяйственно ценных признаков выделился гибрид № 27 (Приморская местная ♀ × Нарымская ♂).

Ключевые слова: гибрид, тимopheевка луговая, продуктивность, побеги, семена, посевные качества

EVALUATION OF TIMOTHY HYBRIDS (*PHLEUM PRATENSE* L.) FOR SEED PRODUCTIVITY

Klochkova N.L.¹, (✉) Telichko O.N.²

¹Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki
Ussuriysk, Primorsky Territory, Russia

²Far Eastern Scientific Research Institute of Plant Protection – Branch of the Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki
Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

(✉) E-mail: biometod@rambler.ru

Timothy grass is a valuable forage crop used to create hayfields and pastures. The results of research on seed productivity of timothy grass hybrid samples are presented. The purpose of the research is to create a new hybrid material for selection of timothy grass adapted to the conditions of the steppe zone of the Primorsky Territory. The second generation (F_2) hybrids of timothy grass were the object of research. Thirty-nine hybrid accessions were studied in the breeding nursery (F_2) of the third year of life. The following accessions were found to be the most promising: No. 4 (Narymskaya ♀ × Primorskaya mestnaya ♂), No. 12 (Primorskaya mestnaya ♀ × Morshanskaya 69 ♂), No. 27 (Primorskaya mestnaya ♀ × Narymskaya ♂), and No. 36 (Morshanskaya 69 ♀ × Primorskaya mestnaya ♂). Accessions No. 12 (Primorskaya mestnaya ♀ × Morshanskaya 69 ♂) and No. 36 (Morshanskaya 69 ♀ × Primorskaya mestnaya ♂) had the highest number of generative shoots (19–21 shoots per plant). The

seeds productivity of the studied hybrids ranged from 3.95 (No. 4, Narymskaya♀ × Primorskaya mestnaya♂) to 10.0 (No. 36, Morshanskaya 69♀ × Primorskaya mestnaya♂) g/plant. Accessions No. 27 (Primorskaya mestnaya♀ × Narymskaya♂) and No. 36 (Morshanskaya 69♀ × Primorskaya mestnaya♂) were characterized by the highest productivity (8.15 and 10.0 g/plant, respectively) exceeding the standard by 7.2–31.6%. Analysis of the sowing characteristics showed that hybrid No. 27 (Primorskaya mestnaya♀ × Narymskaya♂) was the largest seeded hybrid; the 1000 kernel weight was by 0.18 g higher than the standard. Hybrid No. 27 (Primorskaya mestnaya♀ × Narymskaya♂) stood out for its complex of economically important traits.

Keywords: hybrid, timothy, productivity, shoots, seeds, sowing characteristics

Для цитирования: Клочкова Н.Л., Теличко О.Н. Оценка гибридов тимфеески луговой (*Phleum pratense* L.) на семенную продуктивность // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 44–50. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-5>

For citation: Klochkova N.L., Telichko O.N. Evaluation of timothy hybrids (*Phleum pratense* L.) for seed productivity. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 44–50. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-5>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Для успешного развития животноводческой отрасли и улучшения качества получаемой продукции необходимо особое внимание уделять полноценному кормлению сельскохозяйственных животных [1, 2]. Важную роль в создании кормовой базы в условиях Дальнего Востока играют одно- и многолетние травы [3–5]. Среди злаковых трав особый интерес представляет тимфееска луговая, поскольку эта культура отличается высокой зимостойкостью, питательностью и продуктивным долголетием [6, 7]. Ее использование в качестве злакового компонента при создании пастбищ и сенокосов дает возможность получать высокопитательный и сбалансированный корм [8–10].

Ассортимент многолетних травянистых культур недостаточен и в полной мере не отвечает требованиям современного сельскохозяйственного производства по кормовой и семенной продуктивности. Создание высокопродуктивных травостоев возможно только с использованием урожайных и адаптивных к определенным условиям возделывания сортов [11, 12]. В связи с этим повышается роль биогеоценотической селекции в создании сортов, способных более полно использовать биокли-

матический потенциал того или иного региона. Кроме того, выведенные сорта должны характеризоваться повышенной энергетической и протеиновой питательностью [13–15].

В настоящее время в условиях Дальневосточного региона к возделыванию допущено всего 15 сортов тимфеески луговой¹. В связи с этим для обновления сортимента возникла необходимость в создании новых качественных сортов тимфеески луговой, отвечающих требованиям современного кормопроизводства.

Цель исследования – создать новый гибридный материал для селекции тимфеески луговой, адаптированный к условиям степной зоны Приморского края.

Задачи исследования:

- выявить гибридные формы с повышенной семенной продуктивностью;
- определить посевные качества семян гибридов тимфеески луговой.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Селекционные питомники заложены в 2020 г. на полях селекционного севооборота отдела кормопроизводства Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего

¹Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. М.: Колос, 2022. 719 с.

Востока им. А.К. Чайки по методике Б.А. Доспехова².

Материалом для исследования послужили четыре гибрида тимфеевки луговой второго поколения, полученные путем ограниченно-свободного переопыления между родительскими формами в питомнике поликросса на изолированных участках.

Селекционный питомник закладывали однорядным способом. Длина рядка 4,5 м, расстояние между рядками 0,45 м. В рядке расположено по 20 растений тимфеевки луговой. Перед цветением растения укрывали изоляторами (см. рис. 1). В качестве стандарта использовали сорт Приморская местная (Приморский край).

Изучение исходного материала в селекционном питомнике проводили по методикам, разработанными во ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса^{3, 4}. Семенную продуктивность устанавливали после обмолота, высушивания и очистки семян. Растения тимфеевки луговой убирали вручную по мере созревания гибрида.



Рис. 1. Гибридный питомник (F_2) тимфеевки луговой (2022 г.)

Fig. 1. Timothy grass breeding nursery (F_2) (2022)

Почва опытного участка лугово-бурая отбеленная, по механическому составу относится к тяжелым суглинкам. Содержание гумуса составляет 5,4%.

На рис. 2 представлен температурный режим и распределение осадков по месяцам за 2021, 2022 гг. (сентябрь – декабрь 2021 г., январь – август 2022 г.). Сумма активных тем-

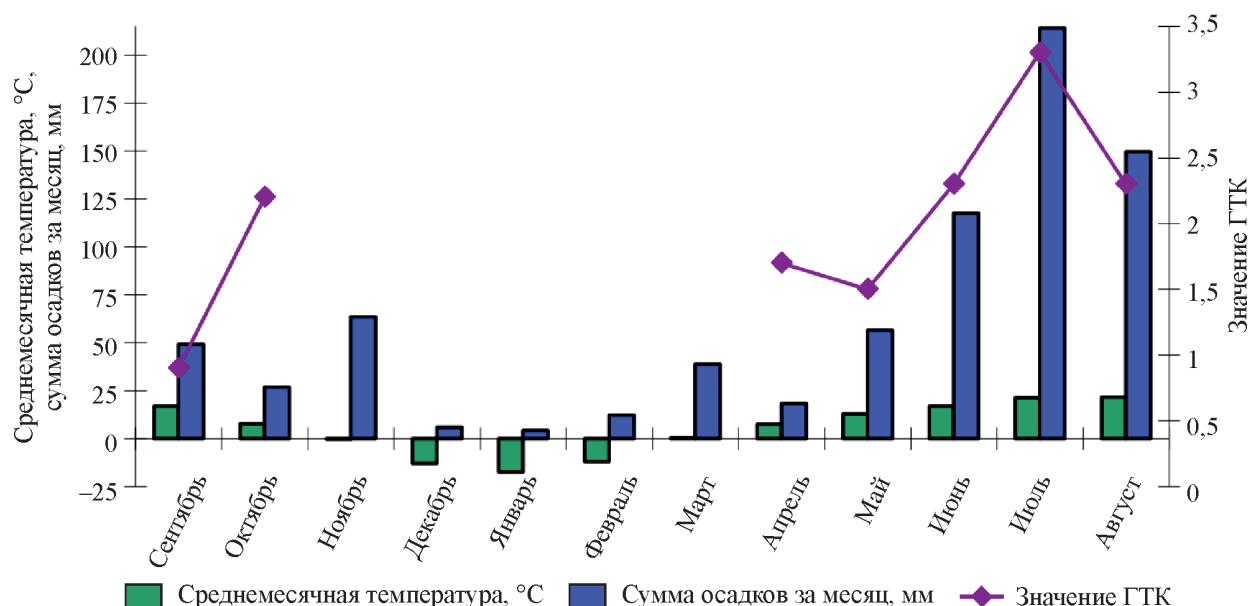


Рис. 2. Метеорологические условия (2021, 2022 гг.)

Fig. 2. Meteorological conditions (2021, 2022)

²Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. С. 69–71.

³Косолапов В.М., Костенко С.И., Пилипко С.В., Клочкова В.С. Методические указания по селекции многолетних злаковых трав. М.: ВНИИ кормов; РГАУ; МСХА, 2012. 52 с.

⁴Константинова А.М., Воццинин П.А., Новоселова А.С. Методика селекции многолетних трав. М.: ВНИИ кормов, 1969. 110 с.

ператур по месяцам за вегетационный период тимфеески луговой варьировала от 110 (апрель 2022 г.) до 649° (август 2022 г.), количество осадков – от 26,7 (октябрь 2021 г.) до 214 мм (июль 2022 г.).

В соответствии с гидротермическим коэффициентом май характеризовался как умеренно влажный (ГТК = 1,5), апрель – влажный (ГТК = 1,7), октябрь, июнь – август – избыточно влажные (ГТК = 2,2–3,3), сентябрь – сухой (ГТК = 0,9).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В селекционном питомнике (F_2) третьего года жизни изучено 39 гибридных образцов. Среди них наиболее перспективными являются следующие: № 4 (Нарымская♀ × Приморская местная♂), № 12 (Приморская местная♀ × Моршанская 69♂), № 27 (Приморская местная♀ × Нарымская♂) и № 36 (Моршанская 69♀ × Приморская местная♂).

Весеннее отрастание образцов тимфеески луговой отмечено 12–14 апреля, выход в трубку – с 17 мая (№ 27, Приморская местная♀ × Нарымская♂) до 23 мая (№ 12, Приморская местная♀ × Моршанская 69♂), колошение – с 13 июня (№ 27, Приморская местная♀ × Нарымская♂) до 18 июня (№ 4, Нарымская♀ × Приморская местная♂). Пе-

риод вегетации изучаемых гибридов составил 127–130 сут (см. табл. 1). Наиболее скороспелым оказался стандарт (Приморская местная), у которого период вегетации составил 126 сут, наиболее позднеспелым – гибридный образец № 12 (130 сут).

Анализ изменения высоты растений тимфеески луговой показал, что в фазу выхода в трубку высота растений варьировала в зависимости от образца от 22,0 см (№ 36, Моршанская 69♀ × Приморская местная♂) до 29,3 см (№ 27, Приморская местная♀ × Нарымская♂). В фазу уборочной спелости наименьшая высота растений отмечена у образца № 36 (Моршанская 69♀ × Приморская местная♂) и стандартного образца (88,4 и 88,6 см соответственно). Остальные гибридные образцы превышали стандарт по высоте на 4,7–8,6 см.

Количество генеративных побегов – один из важных показателей урожайности семян. По данному признаку выделились образцы № 12 (Приморская местная♀ × Моршанская 69♂) и № 36 (Моршанская 69♀ × Приморская местная♂), сформировавшие 19 и 21 генеративный побег соответственно (см. табл. 1). По количеству вегетативных побегов преимущество над стандартом имели гибридные образцы № 36 (Моршанская 69♀ × При-

Табл. 1. Период вегетации и морфологические показатели селекционных образцов тимфеески луговой (F_2) (посев 2020 г.), 2022 г.

Table 1. Growing period and morphological traits of the studied timothy accessions (F_2) (planted in 2020), 2022.

Номер гибрида	Гибрид	Период вегетации, сут	Высота генеративных побегов перед уборкой, см	Количество вегетативных / генеративных побегов, шт./раст.
4	Нарымская♀ × Приморская местная♂	129	95,0	90/14
12	Приморская местная♀ × Моршанская 69♂	130	93,3	62/19
27	Приморская местная♀ × Нарымская♂	127	97,2	88/15
36	Моршанская 69♀ × Приморская местная♂	127	88,4	94/21
St.	Приморская местная	126	88,6	86/17
	НСР ₀₅		5,1	1,9

морская местная♂) – 94 шт./растение и № 4 (Нарымская♀ × Приморская местная♂) – 90 шт./растение. Низким показателем среди изучаемых гибридов характеризовался образец № 12 (Приморская местная♀ × Моршанская 69♂). Следует отметить, что наибольшее суммарное число вегетативных и генеративных побегов сформировал гибридный образец № 36 (Моршанская 69♀ × Приморская местная♂) – 115 шт./растение, наименьшее – № 12 (Приморская местная♀ × Моршанская 69♂) – 81 шт./растение. Суммарное число побегов у гибрида № 27 (Приморская местная♀ × Нарымская♂) было на уровне со стандартным образцом – 103 шт./растение.

Семенная продуктивность – важный хозяйственно ценный признак любой сельскохозяйственной культуры. Продуктивность семян у изученных гибридных образцов варьировала от 3,95 г/растение (№ 4, Нарымская♀ × Приморская местная♂) до 10,0 г/растение (№ 36, Моршанская 69♀ × Приморская местная♂). Среди них наибольшей продуктивностью характеризовались образцы № 27 (Приморская местная♀ × Нарымская♂) – 8,15 г/растение и № 36 (Моршанская 69♀ × Приморская местная♂) – 10,0 г/растение, превышение над стандартом составило 7,2–31,6% (см. рис. 3).

Урожайность семян значительно зависит от массы 1000 семян. Данный показатель по

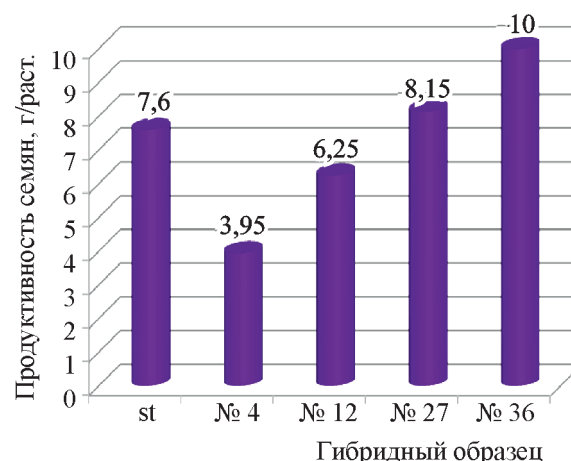


Рис. 3. Продуктивность семян гибридных образцов тимopheевки луговой

Fig. 3. Seed productivity of the studied timothy hybrid accessions

образцам изменялся от 0,35 до 0,53 г. Анализ посевных качеств показал, что наиболее крупносемянным является гибрид № 27 (Приморская местная♀ × Нарымская♂), который превзошел стандарт по массе 1000 семян на 0,18 г (см. табл. 2).

На качество полученных семян значительно влияет всхожесть. По нашим данным, хорошей всхожестью обладают гибриды № 4 (Нарымская♀ × Приморская местная♂) – 98%, № 12 (Приморская местная♀ × Моршанская 69♂) – 99% и стандарт (Приморская местная) – 95%. Полученный семенной материал всех образцов по всхожести соответствовал оригинальным семенам и суперэлите.

Табл. 2. Посевные качества семян гибридов тимopheевки луговой (F_2) в селекционном питомнике (посев 2021 г.), 2022 гг.

Table 2. Sowing characteristics of the studied timothy hybrids (F_2) in the breeding nursery (planted in 2021), 2022.

Номер образца	Гибрид	Масса 1000 семян, г	% к стандарту	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
4	Нарымская♀ × Приморская местная♂	0,40	114,3	68	98
12	Приморская местная♀ × Моршанская 69♂	0,41	117,1	73	99
27	Приморская местная♀ × Нарымская♂	0,53	151,4	78	79
36	Моршанская 69♀ × Приморская местная♂	0,30	85,7	81	87
St.	Приморская местная	0,35	100	96	95
	НСР ₀₅	0,08			

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетние злаковые травы играют важную роль при создании сенокосов и пастбищ, так как отличаются долговечностью, урожайностью кормовой массы и высокой питательностью. Среди изученных гибридов тимopheевки луговой повышенной семенной продуктивностью выделились образцы № 27 (Приморская местная ♀ × Нарымская ♂) – 8,15 г/растение и № 36 (Моршанская 69 ♀ × Приморская местная ♂) – 10,0 г/растение. Наибольшей массой 1000 семян характеризовался гибридный образец № 27 (0,53 г). В результате исследования гибридных образцов тимopheевки луговой (F_2) по комплексу хозяйственно ценных признаков выделился гибрид № 27 (Приморская местная ♀ × Нарымская ♂), который будет использован в дальнейшей селекционной работе по созданию сорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клименко В.П. Качественные объемистые корма – основа полноценных рационов для высокопродуктивного скота // Адаптивное кормопроизводство. 2019. № 3. С. 102–115. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-5019-3-102-113.
2. Кутузова А.А., Тебердиев Д.М., Привалова К.Н. Основные направления развития кормопроизводства в России // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 2. С. 17–20.
3. Теличко О.Н., Мохань О.В. Селекционная и кормовая оценка гибридов вики яровой третьего поколения // Аграрная Россия. 2020. № 4. С. 8–11. DOI: 10.30906/1999-5636-2020-4-8-11.
4. Клочкова Н.Л., Теличко О.Н., Скалозуб О.М. Оценка гибридных образцов многолетних злаковых трав в условиях Приморского края // Аграрная Россия. 2020. № 9. С. 8–11. DOI: 10.30906/1999-5636-2020-9-8-11.
5. Капсамун А.Д., Иванова Н.Н., Павлючик Е.Н. Питательная ценность и продуктивность пастбищных травостоев на мелиоративных землях Верхневолжья // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 4 (388). С. 344–347.
6. Донских Н.А., Лозовой А.А. Урожайность многолетних злаковых травостоев и качество сырья в зависимости от срока скашивания в условиях Ленинградской области // Сельскохозяйственные науки. 2020. № 58. С. 14–19. DOI: 10.24411/2078-1318-2020-11014.
7. Косолапов В.М., Худякова Х.К. Уровни содержания протеина, нерастворимого в кислотном

детергенте, в злаковых травах и кормах из них // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22 (3). С. 360–366.

8. Прядильщикова Е.Н., Вахрушева В.В. Продуктивность и состав травостоев пастбищного использования в условиях Европейского Севера России // Адаптивное кормопроизводство. 2022. № 4. С. 12–24. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2022-4-12-24.
9. Надточаев Н.Ф., Романович А.Н., Володькин Д.Н., Мочалов Д.А. Продуктивность и питательная ценность трав, возделываемых с люцерной посевной // Мелиорация. 2022. № 1 (99). С. 35–41.
10. Цыбулько Н.Н., Устинова А.М., Юхновец А.В., Цырибо В.Б., Касьяненко И.И., Воронович С.Д. Продуктивность однолетних и многолетних трав на дерново-подзолистых почвах разной степени эродированности // Почвоведение и агрохимия. 2022. № 1 (68). С. 31–39.
11. Зарьянова З.А., Кирюхин С.В., Бобков С.В., Меркулов Д.Е. Структура и качество кормовой массы различных видов многолетних трав // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 4 (24). С. 81–89.
12. Тулинов А.Г., Косолапова Т.В., Михайлова Е.А. Результаты оценки коллекционных образцов (*Dactylis glomerata* L.) в условиях Республики Коми // Земледелие. 2019. № 3. С. 41–43.
13. Косолапов В.М., Чернявских В.И. Кормопроизводство: состояние, проблемы и роль ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» в их решении // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 4. С. 5–13.
14. Косолапов В.М., Чернявских В.И., Костенко С.И. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. № 25 (4). С. 401–407.
15. Косолапова Т.В. Оценка продуктивности и адаптивности селекционных номеров ежи сборной в среднетаежной зоне Республики Коми // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. 2022. № 6 (58). С. 53–57.

REFERENCES

1. Klimenko V.P. Qualitative bulky feeds is the base of adequate diets for highly productive livestock. *Adaptivnoe Kormoproizvodstvo = Adaptive Fodder Production*, 2019, no. 3, pp. 102–115. (In Russian). DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-5019-3-102-113.
2. Kutuzova A.A., Teberdiev D.M., Privalova K.N. Main directions of the development of meadow

- fodder production in Russia. *Dostizhenie nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2018, vol. 32, no. 2, pp. 17–20. (In Russian).
3. Telichko O.N., Mokhan' O.V. Selection and feed evaluation of the third generation of spring vetch hybrid. *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*, 2020, no. 4, pp. 8–11. (In Russian). DOI: 10.30906/1999-5636-2020-4-8-11.
 4. Klochkova N.L., Telichko O.N., Skalozub O.M. Evaluation of hybrid samples of perennial grasses in Primorsky Krai. *Agrarnaya Rossiya = Agrarian Russia*, 2020, no. 9, pp. 8–11. (In Russian). DOI: 10.30906/1999-5636-2020-9-8-11.
 5. Kapsamun A.D., Ivanova N.N., Pavlyuchik E.N. Nutritional value and productivity of pasture grass stands on reclaimed lands of the Upper Volga region. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal = International Agricultural Journal*, 2022, no. 4 (388), pp. 344–347. (In Russian).
 6. Donskikh N.A., Lozovoi A.A. Yield of perennial cereal grass stands and raw materials quality depending on the mowing period in the conditions of Leningrad region. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka = Russian Agricultural Science*, 2020, no. 58, pp. 14–19. (In Russian). DOI: 10.24411/2078-1318-2020-11014.
 7. Kosolapov V.M., Khudyakova Kh.K. Levels of acid detergent insoluble protein in grasses and feeds made from them. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2021, no. 22 (3), pp. 360–366. (In Russian).
 8. Pryadil'shchikova E.N., Vakhrusheva V.V. Productivity and composition of grasslands for pasture use in the conditions of the European North of Russia. *Adaptivnoe Kormoproizvodstvo = Adaptive Fodder Production*, 2022, no. 4, pp. 12–24. (In Russian). DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2022-4-12-24.
 9. Nadtochaev N.F., Romanovich A.N., Volod'kin D.N., Mochalov D.A. Nutritional value and productivity of herbs, cultivated in a mixture with alfalfa seed. *Melioratsiya = Land Reclamation*, 2022, no. 1 (99), pp. 35–41. (In Russian).
 10. Tsybul'ko N.N., Ustinova A.M., Yukhnovets A.V., Tsyribko V.B., Kas'yanenko I.I., Voronovich S.D. Influence of erosion of sod-podzolic soils on the productivity of agricultural crops (results of long-term field experiments). *Pochvovedenie i agrokhimiya = Soil Science and Agrochemistry*, 2022, no. 1 (68), pp. 31–39. (In Russian).
 11. Zar'yanova Z.A., Kiryukhin S.V., Bobkov S.V., Merkulov D.E. Structure and quality of fodder mass of different types of perennial grasses. *Zernobobovye i krupnyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*, 2017, no. 4 (24), pp. 81–89. (In Russian).
 12. Tulinov A.G., Kosolapova T.V., Mikhailova E.A. Results of the evaluation of collection samples of *Dactylis glomerata* L. under conditions of the Komi republic. *Zemledelie = Zemledelie*, 2019, no. 3, pp. 41–43. (In Russian).
 13. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I. Fodder production: state, problems and role of the Federal Williams Research Centre of Fodder Production and Agroecology in their solving. *Dostizhenie nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2022, vol. 36, no. 4, pp. 5–13. (In Russian).
 14. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. Fundamentals for forage crop breeding and seed production in Russia. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2021, no. 25 (4), pp. 401–407. (In Russian).
 15. Kosolapova T.V. Evaluation of the productivity and adaptability of the breeding numbers of cocksfoot in the middle taiga zone of the Komi Republic. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk = Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2022, no. 6 (58), pp. 53–57. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Теличко О.Н.**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом; **адрес для переписки:** Россия, 692684, Приморский край, Ханкайский район, с. Камень-Рыболов, ул. Мира, 42а; e-mail: biometod@rambler.ru

Клочкова Н.Л., заведующая лабораторией; e-mail: Klochova128@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Olga N. Telichko**, Candidate of Science in Agriculture, Department Head; **address:** 42a, Mira St., Kamen-Rybolov, Khankaisky District, Primorsky Territory, 692684, Russia; e-mail: biometod@rambler.ru

Natalia L. Klochkova, Laboratory Head; e-mail: Klochova128@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 29.03.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 19.06.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ЯБЛОНИ К ЖАРЕ И ЗАСУХЕ

✉ Киселева Г.К., Ульяновская Е.В., Схаляхо Т.В., Караваева А.В.

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия
Краснодар, Россия

✉ e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Представлены результаты физиолого-биохимической оценки устойчивости пяти сортов яблони различного эколого-географического происхождения к жаре и засухе в условиях Краснодарского края. Изучены в течение 2020–2022 гг. следующие сорта: Интерпрайс (Америка), Флорина (Франция), Орфей, Марго, Багрянец Кубани (Россия). Показатели водного режима определяли весовым методом после высушивания навесок в термостате при 105 °С до постоянной массы. Содержание фотосинтетических пигментов определяли спектрофотометрически в 85%-й ацетоновой вытяжке. Содержание аскорбиновой кислоты определяли методом капиллярного электрофореза. В условиях напряженности стрессовых факторов летнего периода у сортов Орфей и Марго обнаружено наименьшее снижение оводненности листовых тканей (на 1,32–1,45%) в сравнении с другими изучаемыми сортами (на 2,40–3,27%). У сортов Орфей и Марго выявлены наибольшие показатели отношения связанной воды к свободной во все летние месяцы, которые в августе составляли 9,95 и 9,97 соответственно, у других сортов они составляли 6,54 и 7,46. Стабильное содержание суммы хлорофиллов в течение лета у сортов Орфей и Марго, а также низкие отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам, составляющие в августе 2,65 и 2,74 соответственно в сравнении с другими изучаемыми сортами (3,15 и 3,46), свидетельствуют о повышенной адаптивности их листовых тканей. В ответ на засуху у сортов Орфей и Марго установлено увеличение содержания аскорбиновой кислоты в большей степени (в 2,02–2,58 раза) в сравнении с другими изучаемыми сортами (в 1,17–1,59 раза). Сорта Орфей и Марго проявили себя более адаптивными для возделывания в условиях Краснодарского края. Они могут быть использованы в селекции для выведения наиболее устойчивых к жаре и засухе сортов.

Ключевые слова: яблоня, адаптивность, оводненность, хлорофилл, каротиноиды, аскорбиновая кислота

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL EVALUATION OF RESISTANCE TO HEAT AND DROUGHT IN APPLE VARIETIES

✉ Kiseleva G.K., Ulyanovskaya E.V., Skhalyaho T.V., Karavaeva A.V.

North Caucasian Federal Scientific Centre of Horticulture, Viticulture, Winemaking
Krasnodar, Russia

✉ e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

The results of physiological and biochemical evaluation of resistance to heat and drought of five apple tree varieties of different ecological and geographical origin in the conditions of the Krasnodar Territory are presented. The following varieties were studied during 2020–2022: Interprise (America), Florina (France), Orphey, Margo, Bagryanets Kubani (Russia). Indicators of water regime were determined by the weight method after drying the samples in the thermostat at 105°C to constant weight. The content of photosynthetic pigments was determined spectrophotometrically in 85% acetone extract. The ascorbic acid content was determined by capillary electrophoresis. Under the conditions of tension stress factors of the summer period, the varieties Orphey and Margo showed the smallest decrease in water content of the leaf tissues (by 1.32–1.45%) in comparison with the other studied varieties (by 2.40–3.27%). Orphey and Margo varieties showed the highest values of bound water to free water ratio in all summer months, which in August were 9.95 and 9.97, respectively, in other varieties they were 6.54–7.46. Stable content of the sum of chlorophylls during the summer in the varieties Orphey and Margo, as well as low ratios of the sum of chlorophylls to carotenoids, amounting to 2.65 and 2.74 in August, respectively, in comparison with the other studied varieties (3.15–3.46) indicate increased adaptability of their leaf tissues. In response to drought, Orphey and

Margo varieties showed an increase in ascorbic acid content to a greater extent (2.02–2.58 times) compared to the other varieties studied (1.17–1.59 times). Orpheus and Margo varieties have shown themselves to be more adaptable for cultivation in the conditions of the Krasnodar Territory. They can be used in breeding to develop the most heat- and drought-resistant varieties.

Keywords: apple tree, adaptability, water content, chlorophyll, carotenoids, ascorbic acid

Для цитирования: Киселева Г.К., Ульяновская Е.В., Схалыхо Т.В., Караваева А.В. Физиолого-биохимическая оценка устойчивости сортов яблони к жаре и засухе // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 51–58. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-6>

For citation: Kiseleva G.K., Ulyanovskaya E.V., Skhalyaho T.V., Karavaeva A.V. Physiological and biochemical evaluation of resistance to heat and drought in apple varieties. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 51–58. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-6>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Яблоня – ведущая плодовая культура, возделываемая в Краснодарском крае. Почвенно-климатические условия региона благоприятны для возделывания сортов яблони с высокими потребительскими качествами плодов. Однако за 1990–2020-е годы в весенне-летний период участилось проявление экстремально высоких температур (выше +30 °C), а также уменьшилось выпадение осадков в важные для яблони фазы: закладки и дифференциации цветковых почек, завязывания и роста плодов. Неблагоприятное действие этих факторов сказывается в конечном счете на продуктивности и урожайности растений, что актуализирует необходимость селекции яблони на адаптивность, повышение устойчивости к жаре и засухе [1].

Генофонд яблони Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (СКФНЦСВВ) в настоящее время насчитывает 436 образцов различного эколого-географического происхождения, которые активно используются в селекционной работе.

Использование физиолого-биохимических показателей для выявления высокоадаптивных сортов плодово-ягодных, декоративных, орехоплодных и других культур к жаре и засухе широко практикуется во всем мире. Параметры водного обмена, содержание фотосинтетических пигментов, аскорбиновой кислоты, анатомо-морфологические особенности листа служат важными крите-

риями засухоустойчивости растений. Сохранить водный гомеостаз растения при засухе помогают повышенная водоудерживающая способность листьев, увеличение связанной формы воды и регуляторная способность устьиц. Имеются данные, что засухоустойчивым сортам присущи меньшие изменения оводненности, тургора, сосущей силы, пигментного состава листьев [2–4]. Показано, что у устойчивого к засухе сорта яблони содержание хлорофилла в листьях оставалось стабильным в период недостаточной водообеспеченности в сравнении с неустойчивым [5]. У листьев фундука при повышенной температуре воздуха на фоне недостатка осадков уменьшалось содержание хлорофилла и увеличивалось количество каротиноидов в 2 раза [2]. Сделаны значительные успехи в обнаружении генов, экспрессия которых повышалась при водном стрессе, транскрипционных факторов, участвующих в регуляции ответных реакций на засуху у яблони [6]. Несмотря на молекулярно-генетические достижения селекционного процесса, физиолого-биохимические исследования сохраняют свою актуальность.

Цель исследований – оценить устойчивость сортов яблони различного эколого-географического происхождения к засухе и повышенным температурам по физиолого-биохимическим показателям, выделить сорта с высокой адаптационной устойчивостью для возделывания в условиях Краснодарского края и использования в селекции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 гг. на базе генетической коллекции Центра коллективного пользования «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (СКФНЦСВВ), расположенной в ЗАО ОПХ «Центральное» (г. Краснодар). Объекты исследований: сорта яблони различного эколого-географического происхождения – Интерпрайс (Америка), Флорина (Франция), Орфей, Марго, Багрянец Кубани (селекции Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства (СКЗНИИСиВ, Россия). Все сорта посадки на подвое СК2 2013 г. располагались по схеме посадки 4×1,2. Сорт Орфей – контроль.

Физиологически зрелые листья отбирали со средней части однолетних побегов (7–9-й лист от основания побега) в среднем ярусе кроны равномерно по всей ее окружности. Исследования проводили в трехкратной повторности на десяти листьях каждого сорта. Показатели водного режима определяли весовым методом после высушивания навесок в термостате при 105 °С до постоянной массы. Содержание свободной и связанной воды в листьях определяли рефрактометрически¹. Содержание фотосинтетических пигментов определяли в 85%-й ацетоновой вытяжке с использованием спектрофотометра Unico 2800 (United Products & Instruments, США)². Содержание аскорбиновой кислоты определяли методом капиллярного электрофореза на приборе Капель 104Р согласно методике, основанной на получении электрофореграммы с помощью прямого детектирования поглощающих компонентов пробы³.

Измерения проводили в трехкратной аналитической повторности. Расчеты выполняли с использованием программного пакета

Microsoft Excel 2010. Оценивали наименьшую существенную разность между анализируемыми показателями на 95%-м уровне достоверности ($НСР_{0,5}$), рассчитывали среднее арифметическое и стандартное отклонение⁴.

Метеорологические условия различались в годы исследований. В 2020 г. наиболее жарким был июль, максимальная температура воздуха поднималась до +38,4 °С (выше среднеемноголетних значений на 4,1 °С), наиболее засушлив был август (осадки – 10,7 мм). В 2021 г. максимальная температура воздуха в июле достигала +37,7 °С (выше среднеемноголетних значений на 3,4 °С), осадки – 28,4 мм, в августе выпало 75 мм осадков. В 2022 г. в июне – июле максимальная температура воздуха достигала +35,3 °С. Июнь характеризовался повышенным количеством осадков (161 мм) в сравнении с июлем и августом, когда осадков выпало 62,6 и 91,2 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Вода является одним из значимых экологических факторов, обеспечивающих рост, фотосинтез, минеральное питание и другие физиологические процессы яблони. В литературе большое внимание уделяется параметрам водного режима яблони в связи с проблемой устойчивости к повышенным температурам и недостатку осадков. Степень оводненности растительных тканей, относительное содержание воды служат важными показателями устойчивости растений к засухе. По исследованиям З.Е. Ожерельевой с соавторами [7], стабильная оводненность листьев яблони в летний период свидетельствует о большей засухоустойчивости. В течение вегетации содержание воды в листьях яблони постепенно снижается от 74% в начале вегетации до 57% в конце.

В наших исследованиях средние показатели оводненности листовых тканей изучае-

¹ Кушиниренко М.Д., Печерская С.Н. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений. Кишинев: Штиинца, 1991. 306 с.

² Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. М.: Высшая школа, 1975. 392 с.

³ Якуба Ю.Ф., Ильина И.А., Захарова М.В., Лифарь Г.В. Методика определения массовой концентрации аскорбиновой, хлорогеновой и кофейной кислот в побегах и листьях плодовых культур и винограда с применением капиллярного электрофореза // Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. С. 68–73.

⁴ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е издание, переработанное и дополненное. М.: Альянс, 2014. 351 с.

мых сортов яблони в июне составляли 62,95–64,23%, в июле – 61,59–63,53%, что указано в таблице.

В августе происходило дальнейшее снижение оводненности листовых тканей до 60,55–62,62% у всех изучаемых сортов. Обнаружено, что к концу лета оводненность листьев в наименьшей степени снизилась у сортов Орфей (на 1,45%) и Марго (на 1,32%). У остальных сортов отмечено незначительное снижение – на 2,40–3,27%.

Способность тканей растений удерживать воду характеризуется по состоянию воды, условно разделяемую на свободную и связанную. Свободная форма воды участвует только в обмене веществ, а связанная форма воды обеспечивает водоудерживающую способность клетки и играет большую роль в устойчивости растений к неблагоприятным условиям. Летом фракционный состав воды в листьях зависит от климатических условий: мало выпадает осадков и высокая температура воздуха – уменьшается доля свободной и повышается доля связанной воды. Высокий показатель отношения связанной формы воды к свободной свидетельствовал о высокой засухоустойчивости сортов актинидии деликатесной, смородины красной [2, 3].

В проведенных исследованиях содержание связанной воды в листьях яблони увеличивалось к концу лета по мере усиления жары и засухи. Так, в июне отношение связанной воды к свободной составляло 0,96–1,46, июле – 2,75–5,21, августе – 6,54–9,95. Наибольшими показателями отношения связанной воды к свободной во все летние меся-

цы отличались сорта Орфей и Марго, выделенные как высокоустойчивые.

Повышенные температуры и недостаток осадков могут снизить функциональную активность листа и активность фотосинтетических процессов в первую очередь у неустойчивых растений. Это отражается на содержании листовых пигментов – хлорофилла и каротиноидов. В условиях засухи в листьях двух сортов оливковых деревьев общее содержание хлорофилла снижалось на 29 и 42% соответственно в сравнении с контролем [8].

В наших исследованиях в июне содержание суммы хлорофиллов ($a + b$) у изучаемых сортов яблони зависело от сортовых особенностей и составляло 5,81–7,04 мг/г сухой массы. В течение лета под воздействием стрессовых факторов летнего вегетационного периода содержание хлорофилла изменялось у различных сортов по-разному и в августе составляло 4,99–6,98 мг/г сухой массы. Наиболее стабильным содержание хлорофилла оставалось у сортов Орфей и Марго, свидетельствующее о повышенной адаптивности их листовых тканей (см. рис. 1).

Для растений избыточный солнечный свет может обезвоживать и повреждать их листья. Каротиноиды выполняют фотозащитную функцию от избыточной освещенности, увеличение их доли в пигментном комплексе свидетельствует о повышенной стрессоустойчивости сорта. Многочисленными исследованиями на плодовых и других культурах показано, что отношение Хл/Кар (хлорофиллы/каротиноиды) уменьшалось в условиях засухи, повышенной инсоляции, а также при старении листа [2–5, 9, 10].

Показатели водного режима листьев яблони летом 2020–2022 гг.

Indicators of the water regime of apple leaves in the summer 2020–2022

Сорт	Оводненность, %			Отношение связанной воды к свободной		
	Июнь	Июль	Август	Июнь	Июль	Август
Интерпрайс	62,95 ± 0,38	61,59 ± 0,89	60,55 ± 1,15	0,96 ± 0,05	2,75 ± 0,13	6,87 ± 0,31
Флорина	63,55 ± 0,51	62,81 ± 0,13	60,82 ± 0,43	1,02 ± 0,24	3,01 ± 0,02	6,54 ± 0,24
Орфей	64,07 ± 0,49	63,11 ± 0,82	62,62 ± 0,44	1,46 ± 0,03	5,21 ± 0,05	9,95 ± 0,52
Марго	64,23 ± 0,18	63,53 ± 0,30	62,91 ± 1,38	1,28 ± 0,24	4,53 ± 0,02	9,75 ± 0,63
Багрянец Кубани	64,13 ± 0,60	63,18 ± 0,36	60,86 ± 0,38	0,98 ± 0,15	2,98 ± 0,11	7,46 ± 0,11
НСР _{0,5}	1,57	2,43	1,27	1,82	0,43	0,22

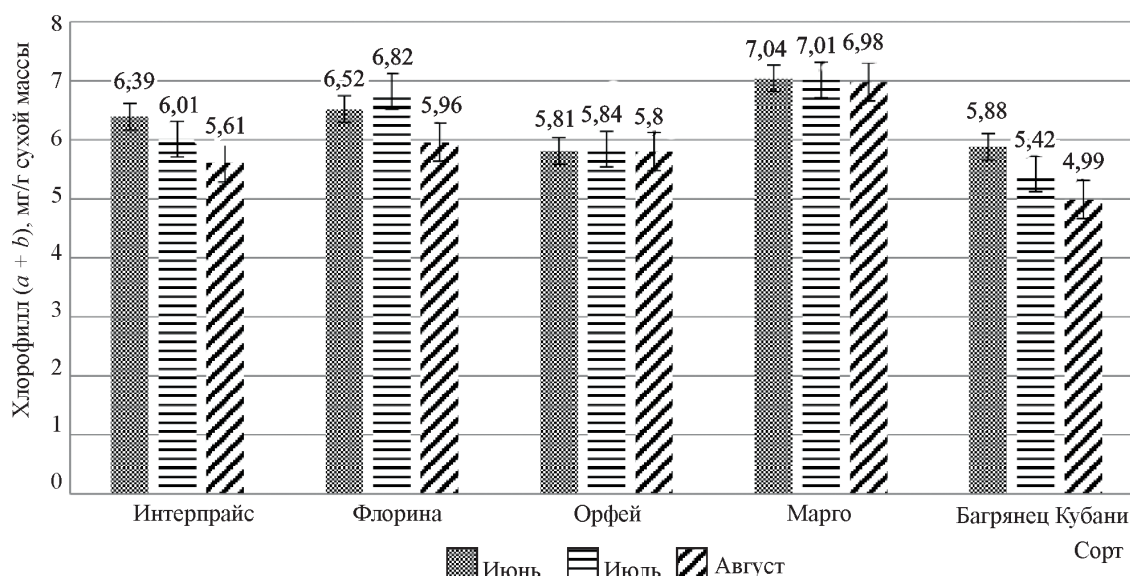


Рис. 1. Динамика содержания хлорофилла в листьях яблони в летний период 2020–2022 гг. (средние значения). НСР₀₅: июнь – 1,31, июль – 1,50, август – 0,82

Fig. 1. Dynamics of chlorophyll content in apple leaves in the summer period 2020–2022 (mean values). LSD₀₅: June – 1.31, July – 1.50, August – 0.82

В наших исследованиях содержание каротиноидов в июне составляло 1,52–2,18 мг/г сухой массы в зависимости от сорта. В течение лета содержание каротиноидов имело тенденцию к увеличению, и в августе составляло 1,58–2,54 мг/г сухой массы (см. рис. 2).

За счет увеличения доли каротиноидов в пигментном составе листа отношение

Хл/Кар у всех сортов также уменьшалось к концу лета. Так, в июне максимальное значение этого показателя составляло 4,05 у сорта Интерпрайс, в августе – 3,46 у сортов Интерпрайс и Флорина. Выявлено, что у сортов Орфей и Марго показатели отношения Хл/Кар были минимальными, и в августе составляли 2,65 и 2,74 соответственно в отли-

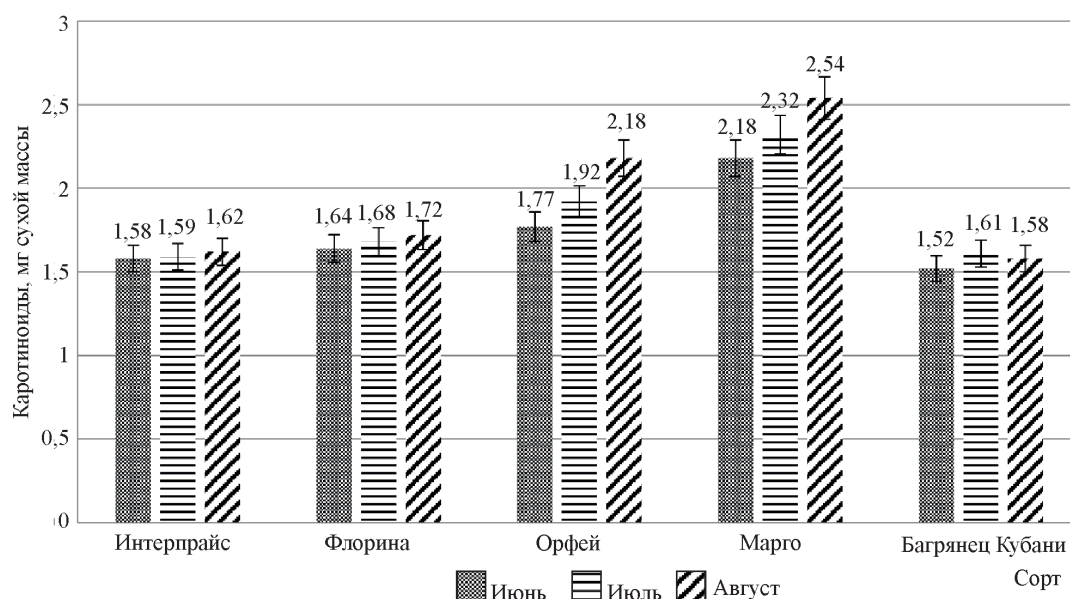


Рис. 2. Динамика содержания каротиноидов в листьях яблони в летний период 2020–2022 гг. (средние значения). НСР₀₅: июнь – 0,32, июль – 0,51, август – 0,28

Fig. 2. Dynamics of carotenoids content in apple leaves in summer 2020–2022 (mean values). LSD₀₅: June – 0.32, July – 0.51, August – 0.28

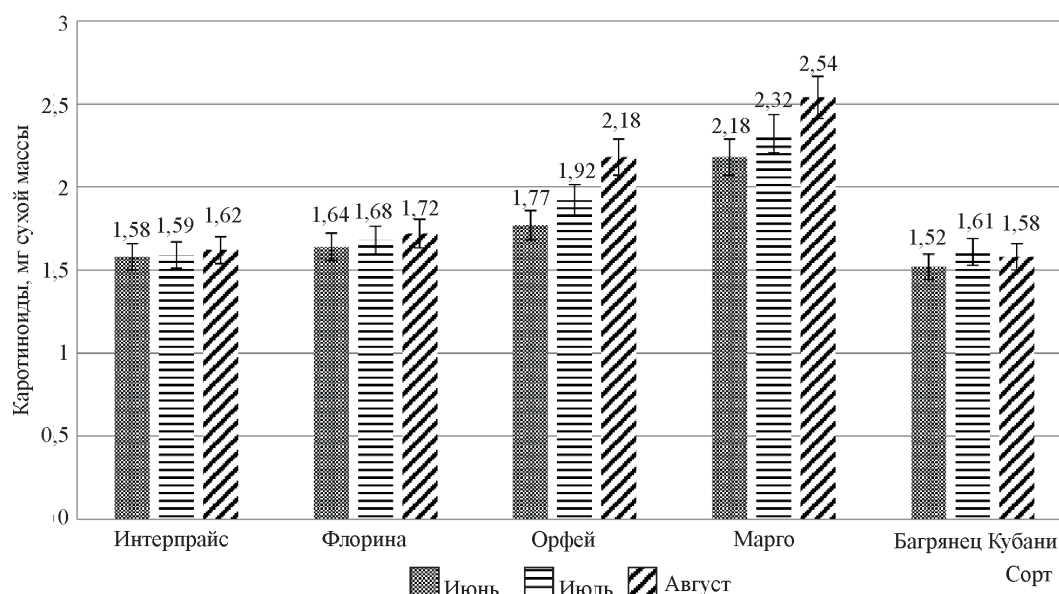


Рис. 3. Динамика содержания аскорбиновой кислоты в листьях яблони в летний период 2020–2022 гг. (средние значения). НСР₀₅: июнь – 0,13, июль – 0,11, август – 0,29

Fig. 3. Dynamics of the content of ascorbic acid in apple leaves in the summer period 2020–2022 (mean values). LSD₀₅: June – 0.13, July – 0.11, August – 0.29

чие от других изучаемых сортов, у которых это отношение варьировало от 3,15 до 3,46. На основании этих данных сорта Орфей и Марго выделены как высокоустойчивые к жаре и засухе.

Известно, что аскорбиновая кислота (АК) за счет своей способности обратимо окисляться и восстанавливаться принимает активное участие в водном обмене, фотосинтезе, а также является признанным антиоксидантом [11]. Под ее влиянием у пшеницы в условиях засухи увеличивалась интенсивность транспирации [12]. У растений винограда АК как компонент защитной антиоксидантной системы активируется при высоких положительных температурах и засухе [13].

В наших исследованиях содержание аскорбиновой кислоты в июне составляло 1,38–2,64 мкг/г сырой массы. В течение лета ее содержание увеличивалось, и в августе составляло 2,20–4,12 мкг/г сырой массы. Выявлено, что у сортов Орфей и Марго содержание аскорбиновой кислоты под воздействием

стрессоров летнего периода увеличилось в большей степени – в 2,02–2,58 раза в сравнении с другими изучаемыми сортами, у которых это увеличение было в 1,17–1,59 раза (см. рис. 3).

Аналогичный эффект наблюдали в листьях чая в июле и августе, когда содержание АК увеличилось при адаптации к экстремально повышенным температурам и засухе⁵.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной оценки пяти сортов яблони различного эколого-географического происхождения к жаре и засухе выделены высокоустойчивые сорта отечественной селекции Орфей и Марго на основании выявленных физиолого-биохимических особенностей листа:

- наименьшего снижения оводненности листовых тканей (на 1,32–1,45%) в сравнении с другими изучаемыми сортами, у которых это снижение было на 2,40–3,27%;
- наибольших показателей отношения связанной воды к свободной во все летние

⁵Платонова Н.Б. Динамика содержания аскорбиновой кислоты в свежих листьях чая (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) произрастающего во влажных субтропиках России // Физиология растений-основа создания растений будущего: материалы IX Съезда общества физиологов растений России. (Казань, 19–24 сентября 2019 г.). Казань, 2019. С. 352–352.

месяцы, которые в августе составляли 9,95 и 9,97 соответственно, а у других сортов они составляли 6,54–7,46;

– стабильного содержания суммы хлорофиллов в течение лета, свидетельствующего о повышенной адаптивности листовых тканей;

– низкого отношения суммы хлорофиллов к каротиноидам, составившего в августе 2,65 и 2,74 соответственно, в сравнении с другими изучаемыми сортами, у которых оно варьировало от 3,15 до 3,46;

– увеличения содержания аскорбиновой кислоты в большей степени (в 2,02–2,58 раза) в сравнении с другими изучаемыми сортами, у которых это увеличение было в 1,17–1,59 раза.

Сорта Орфей и Марго проявили себя более адаптивными для возделывания в условиях Краснодарского края. Они могут использоваться в селекции для выведения наиболее устойчивых к жаре и засухе сортов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров Е.А., Заремук Р.Ш., Ульяновская Е.В., Артюх С.Н., Алехина Е.М., Луговской А.П., Нудьга Т.А. Отечественные сорта садовых культур и винограда для южного садоводства: монография. Краснодар: ООО Просвещение-Юг, 2019. 197 с.
2. Рындин А.В., Белоус О.Г., Маляровская В.И., Притула З.В., Абилюфазова Ю.С., Кожевникова А.М. Использование физиолого-биохимических методов для выявления механизмов адаптации субтропических, южных плодовых и декоративных культур в условиях субтропиков России // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 3. С. 40–48.
3. Панфилова О.В., Голяева О.Д. Физиологические особенности адаптации сортов и отборных форм смородины красной к засухе и повышенным температурам // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 5. С. 1056–1064. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.1056rus.
4. Bhusal N., Han S.G., Yoon T.M. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus domestica* Borkh.) // Scientia Horticulturae. 2019. N 246. P. 535–543. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.021.
5. Bai T., Li Z., Song C., Song S., Jiao J., Liu Y., Dong Z., Zheng X. Contrasting Drought Tolerance in Two Apple Cultivars Associated with Differ-

ence in Leaf Morphology and Anatomy // American Journal of Plant Sciences. 2019. Vol. 10. N 5. P. 709–722. DOI: 10.4236/ajps.2019.105051.

6. Li X.-L., Zhang J.-K., Li M.-J., Zhou B.-B., Q. Zhang, Wei Q.-P. Genome-wide analysis of antioxidant enzyme gene families involved in drought and low-temperature responses in Apple (*Malus domestica*) // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 2018. Vol. 93. N 4. P. 337–346. DOI: 10.1080/14620316.2017.1382314
7. Ожерельева З.Е., Красова Н.Г., Галашева А.М. Изучение засухоустойчивости летних сортов яблони // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 2. С. 31–33.
8. Farooq M., Wahid A., Kobayashi N. S. M. A., Fujita D. B. S. M. A., Basra S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management // Agronomy for Sustainable Development. 2009. Vol. 29. N 1. P. 185–212. DOI: 10.1051/agro:2008021.
9. Filimon R.V., Rotaru L., Filimon R.M. Quantitative investigation of leaf photosynthetic pigments during annual biological cycle of *Vitis vinifera* L. table grape cultivars // South African Journal of Enology and Viticulture. 2016. Vol. 37. N 1. P. 1–14. DOI:10.21548/37-1-753.
10. Киселева Г.К., Ильина И.А., Запорожец Н.М., Соколова В.В. Адаптационная устойчивость винограда к стрессовым условиям летнего периода // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 3. С. 35–38.
11. El-Beltagi H.S., Mohamed H.I., Sofy M.R. Role of ascorbic acid, glutathione and proline applied as singly or in sequence combination in improving chickpea plant through physiological change and antioxidant defense under different levels of irrigation intervals // Molecules. 2020. Vol. 25. N 7. P. 1702.
12. Колупаев Ю.Е., Кокорев А.И. Антиоксидантная система и устойчивость растений к недостатку влаги // Физиология растений и генетика. 2019. Т. 51. № 1. С. 28–54. DOI:10.15407/frg2019.01.028.
13. Zeng G., Gao F., Li C., Li D., Xi Z. Characterization of 24-epibrassinolide-mediated modulation of the drought stress responses: Morphophysiology, antioxidant metabolism and hormones in grapevine (*Vitis vinifera* L.) // Plant Physiology and Biochemistry. 2022. N 184. P. 98–111. DOI: 10.1016/j.plaphy.2022.05.019.

REFERENCES

1. Egorov E.A., Zaremuk R.Sh., Ul'yanovskaya E.V., Artyux S.N., Alexina E.M., Lugovskoj A.P., Nud'ga T.A. *Domestic varieties of*

- horticultural crops and grapes for southern gardening*. Krasnodar, OOO Prosveshchenie-Yug, 2019, 197 p. (In Russian).
2. Ry'ndin A.V., Belous O.G., Malyarovskaya V.I., Pritula Z.V., Abil'fazova Yu.S., Kozhevnikova A.M. Physiological and biochemical approaches in studying adaptation mechanisms of subtropical, fruit and ornamental crops grown in Russian subtropics. *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2014, no. 3, pp.40–48. (In Russian).
 3. Panfilova O.V., Golyaeva O.D. Physiological features of red currant varieties and selected seedling adaptation to drought and high temperature. *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2017, vol. 52, no. 5, pp. 1056–1064. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.1056rus.
 4. Bhusal N., Han S.G., Yoon T.M. Impact of drought stress on photosynthetic response, leaf water potential, and stem sap flow in two cultivars of bi-leader apple trees (*Malus × domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae*, 2019, no. 246, pp. 535–543. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.021.
 5. Bai T., Li Z., Song C., Song S., Jiao J., Liu Y., Dong Z., Zheng X. Contrasting Drought Tolerance in Two Apple Cultivars Associated with Difference in Leaf Morphology and Anatomy. *American Journal of Plant Sciences*, 2019, vol.10, no. 5, pp. 709–722. DOI: 10.4236/ajps.2019.105051.
 6. Li X.-L., Zhang J.-K., Li M.-J., Zhou B.-B., Zhang Q., Wei Q.-P. Genome-wide analysis of antioxidant enzyme gene families involved in drought and low-temperature responses in Apple (*Malus domestica*). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2018, vol. 93, no. 4, pp. 337–346. DOI: 10.1080/14620316.2017.1382314.
 7. Ozherel'eva Z.E., Krasova N.G., Galasheva A.M. Investigation of drought tolerance of summer apple tree cultivars. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of science and technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 2, pp. 31–33. (In Russian).
 8. Farooq M., Wahid A., Kobayashi N. S. M. A., Fujita D. B. S. M. A., Basra S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 2009, vol. 29, no. 1, pp. 185–212. DOI: 10.1051/agro:2008021/
 9. Filimon R.V., Rotaru L., Filimon R.M. Quantitative investigation of leaf photosynthetic pigments during annual biological cycle of *Vitis vinifera* L. table grape cultivars, *South African Journal of Enology and Viticulture*, 2016, vol. 37, no. 1, pp. 1–14. DOI:10.21548/37-1-753.
 10. Kiseleva G.K., Il'ina I.A., Zaporozhecz N.M., Sokolova V.V. Adaptability resistance of grapes to stress conditions of summer period. *Vestnik RASXN = Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2022, no. 3, pp. 35–38. (In Russian).
 11. El-Beltagi H.S., Mohamed H.I., Sofy M.R. Role of ascorbic acid, glutathione and proline applied as singly or in sequence combination in improving chickpea plant through physiological change and antioxidant defense under different levels of irrigation intervals. *Molecules*, 2020, vol. 25, no. 7, p. 1702.
 12. Kolupaev Yu.E., Kokorev A.I. Antioxidant system and plant resistance to water deficit. *Fiziologiya rastenij i genetika = Plant Physiology and Genetics*, 2019, vol. 51, no. 1, pp. 28–54. (In Russian). DOI: 10.15407/frg2019.01.028.
 13. Zeng G., Gao F., Li C., Li D., Xi Z. Characterization of 24-epibrassinolide-mediated modulation of the drought stress responses: Morphophysiology, antioxidant metabolism and hormones in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 2022, no. 184, pp. 98–111. DOI: 10.1016/j.plaphy.2022.05.019.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Киселева Г.К.**, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 350901, Краснодарский край, Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Ульяновская Е.В., доктор сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией

Схаляхо Т.В., младший научный сотрудник

Караваяева А.В., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Galina K. Kiseleva**, Candidate of Science in Biology, Associate Professor, Senior Researcher; **address:** 39, 40-letiya Pobedy St., Krasnodar, Krasnodar Territory, 350901, Russia; e-mail: galina-kiseleva-1960@mail.ru

Elena V. Ulyanovskaya, Doctor of Science in Agriculture, Laboratory Head

Tatyana V. Skhalyaho, Junior Researcher

Alla V. Karavaeva, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 16.01.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 27.02.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ФУНГИЦИДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЯРОВОГО РАПСА ОТ СЕМЕННОЙ ИНФЕКЦИИ И КОРНЕВЫХ ГНИЛЕЙ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

✉ Шпанев А.М., Гасич Е.Л.

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений

Санкт-Петербург, Россия

✉ e-mail: ashpanev@mail.ru

Представлены результаты изучения эффективности новых фунгицидов, предназначенных для защиты ярового рапса от семенной инфекции и корневых гнилей путем обработки посевного материала, в природно-климатических условиях Северо-Запада Российской Федерации. В последние годы произошло существенное увеличение посевных площадей ярового рапса в регионе. Одновременно с этим наметилась тенденция к ухудшению фитосанитарного состояния посевов данной культуры. В условиях накопления инфекции фунгицидная обработка семян будет все более востребованной. По результатам исследований определено, что новые препараты Тирада, СК (норма расхода 2,0 и 3,0 л/т), Витарос, ВСК (3,0; 4,0 и 6,0 л/т) и Синклер, СК (1,3 и 1,6 л/т) являются более эффективными для снижения семенной инфекции (*Alternaria* spp. – 86,6–94,9; 93,2–96,6; 91,7–100% соответственно; плесневые грибы – 86,7–93,4; 90,9–96,6; 73,5–78,6%) и развития корневых гнилей (фаза формирования четырех настоящих листьев – 37,7–56,7; 27,2–52,3; 31,7–72,7%; фаза стеблевания – 13,4–41,2; 17,9–29,0; 17,9–50,4%), чем применяемые в регионе фунгициды Скарлет, МЭ и Редут, КС. Обработка семян рапса фунгицидами способствовала росту урожайности культуры, которая в зависимости от препарата и нормы его расхода оказалась на 3,0–50,0% выше, чем в контроле. Полученные по результатам опытов показатели биологической и хозяйственной эффективности свидетельствуют о значительных перспективах использования новых фунгицидов в защите ярового рапса от семенной и почвенной инфекции путем обработки посевного материала в условиях северо-западной части России.

Ключевые слова: яровой рапс, семенная инфекция, корневые гнили, обработка семян, фунгициды, биологическая эффективность, Северо-Запад РФ

PROMISING FUNGICIDES FOR PROTECTING SPRING RAPE AGAINST SEED INFECTION AND ROOT ROTS IN THE NORTH-WEST OF THE RUSSIAN FEDERATION

✉ Shpanev A.M., Gasich E.L.

All-Russian Institute of Plant Protection

Saint Petersburg, Russia

✉ e-mail: ashpanev@mail.ru

The results of studying the effectiveness of new fungicides designed to protect spring rape from seed infection and root rot by treatment of the seed material in natural-climatic conditions of the North-West of the Russian Federation are presented. In recent years, there has been a significant increase in the area sown to spring rape in the region. At the same time, a trend towards deterioration of the crop's phytosanitary condition has been observed. With the accumulation of the infection, fungicide seed treatment will be increasingly required. Based on the results of the research, it has been determined that the new preparations Tirada, SC (application rate 2.0 and 3.0 l/t), Vitaros, WSC

(3.0; 4.0 and 6.0 l/t) and Sinkler, SC (1.3 and 1.6 l/t) are more effective in reducing the seed infection (*Alternaria* spp. – 86.6–94.9; 93.2–96.6; 91.7–100%, respectively; mold fungi – 86.7–93.4; 90.9–96.6; 73.5–78.6%) and root rot development (four true leaves formation phase – 37.7–56.7; 27.2–52.3; 31.7–72.7%; stemming phase – 13.4–41.2; 17.9–29.0; 17.9–50.4%) than Scarlet, ME and Redut, SC fungicides used in the region. Treatment of the rape seeds with fungicides contributed to the growth of the crop yield, which depending on the preparation and its consumption rate was 3.0–50.0% higher than in the control. The indices of the biological and economic efficiency obtained according to the results of the experiments testify to the significant prospects of using new fungicides in the protection of spring rape from seed and soil infection by treatment of the sowing material in the conditions of the north-western part of Russia.

Keywords: spring rapeseed, seed infection, root rots, seed treatment, fungicides, biological effectiveness, North-West of the Russian Federation

Для цитирования: Шпанев А.М., Гасич Е.Л. Перспективные фунгициды для защиты ярового рапса от семенной инфекции и корневых гнилей на Северо-Западе Российской Федерации // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 59–67. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-7>

For citation: Shpanev A.M., Gasich E.L. Promising fungicides for protecting spring rape against seed infection and root rots in the North-West of the Russian Federation. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 59–67. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-7>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день рапс является самой динамично распространяющейся на территории России культурой. Основные посевные площади рапса находятся в Сибирском федеральном округе, в пятерку лидеров также входят Приволжский, Центральный, Волго-Вятский и Уральский округа [1]. Северо-Западный регион по своим природно-климатическим условиям благоприятен для возделывания рапса, но посевные площади данной культуры до последнего времени здесь были крайне малы и ограничивались исключительно Калининградской областью, где преобладает озимая форма. Начиная с 2016 г. произошло ощутимое увеличение посевных площадей ярового рапса в основном за счет Псковской, Новгородской и Ленинградской областей [2]. На фоне значительного расширения посевных площадей наметилось существенное ухудшение фитосанитарного состояния посевов, проявляющееся в росте случаев массового размножения вредителей и эпифитотийного развития болезней [3]. С учетом складывающейся напряженной фитосанитарной обстановки проведение защитных мероприятий становится особенно вос-

требуемым, как и исследования по оценке эффективности новых препаратов для защиты рапса от вредителей, болезней и сорных растений.

Интегрированная система защиты ярового рапса от вредных организмов включает предпосевную обработку семян препаратами инсектицидного, инсекто-фунгицидного или только фунгицидного действия [4, 5]. С учетом особенностей фитосанитарной обстановки обработка посевного материала фунгицидами в настоящее время не является обязательной. Однако в условиях наметившихся тенденций к существенному расширению посевных площадей и появлению все большего количества хозяйств, практикующих длительное возделывание ярового и даже озимого рапса, фунгицидная обработка семян будет все более востребованной. Ее основное назначение связано с обеспечением качественной защиты проростков и молодых растений ярового рапса от возбудителей болезней, присутствующих на семенах и в почве [6]. Этот прием способствует повышению полевой всхожести, густоты продуктивных растений и, как следствие, формированию более высокой урожайности, что под-

тверждается многочисленными данными из разных зон возделывания культуры [7–9].

Цель исследования – оценить эффективность новых фунгицидов, предназначенных для защиты ярового рапса от семенной инфекции и корневых гнилей путем обработки посевного материала, в природно-климатических условиях Северо-Запада РФ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2019–2021 гг. как в лабораторных, так и в полевых условиях. Объектом изучения являлись новые фунгицидные препараты для обработки семян рапса, созданные специалистами фирмы «Август». Указанные препараты имеют в своем составе разные действующие вещества: Тирада, СК (400 г/л тирам + 30 г/л дифеноконазол; норма расхода 2,0 и 3,0 л/т), Витарос, ВСК (198 г/л карбоксин + 198 г/л тирам; норма 3,0; 4,0 и 6,0 л/т), Синклер, СК (75 г/л флудиоксонил; норма 1,3 и 1,6 л/т). В качестве препаратов-эталонов, применяемых на яровом рапсе в настоящее время, использовали Скарлет, МЭ (100 г/л имазалил + 60 г/л тебуконазол) и Редут, КС (60 г/л тебуконазол) при норме расхода 0,4 и 0,5 л/т соответственно. Обработку семян проводили при расходе рабочей жидкости 10,0 л/т. Контролем в опытах служил вариант, в котором не была предусмотрена обработка семян фунгицидами.

В лабораторных условиях определяли влияние обработки семян рапса фунгицидами на наличие семенной инфекции. Для определения зараженности семян возбудителями применялась методика питательных сред¹. Каждый вариант состоял из 100 семян, размещенных в чашках Петри по 10 шт. в десятикратной повторности.

Полевые исследования проводили на биополигоне Меньковского филиала Агрофизического научно-исследовательского института, расположенного в Гатчинском районе Ленинградской области. Почва опытных полей полигона дерново-слабоподзолистая су-

песчаная, мощность пахотного слоя – 23 см, $pH_{KCl} = 4,6$, содержание гумуса (по Тюрину) – 1,9%, подвижных соединений фосфора и калия (по Кирсанову) – 257 и 92 мг/кг соответственно.

Методической основой являлись рекомендации по оценке эффективности фунгицидов при обработке семенного материала². Размер делянок в опытах составлял 2 м², размещение рендомизированное, повторность четырехкратная. Подготовка почвы состояла из осенней вспашки, культивации, до- и послепосевного прикатывания. Посев осуществляли вручную из расчета 8 кг семенного материала/га. Предполагаемая густота 120 растений/м². Мероприятия по уходу за посевами включали фоновые обработки инсектицидами и гербицидами. Учет развития корневых гнилей проводили дважды: в фазу формирования четырех настоящих листьев и фазу стеблевания. В обоих случаях осмотру подлежали не менее 50 растений с каждой делянки. Определяли интенсивность поражения корневыми гнилями каждого растения. Для оценки уровня поражения использовали балльную шкалу, согласно которой 1 балл соответствовал слабому поражению (на корешке заметны бурые полоски), 2 балла – среднему (на корешке началось образование перетяжки), 3 балла – сильному (перетяжка охватывает более половины корешка), 4 балла – гибели растения.

Биологическую эффективность обработки семян рапса фунгицидами рассчитывали по формуле Аббота (см. сноску 2).

Учет урожая проводили в фазу полной спелости путем срезания растений с 1 м² каждой делянки и обмолота в лабораторных условиях. Определяли густоту стояния продуктивных и непродуктивных растений, общую массу семян, массу семян с одного растения, массу 1000 семян.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы Statistica 6.0 и заключалась в применении дисперсионного

¹ГОСТ 12044–93. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. М., 1993. 58 с.

²Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: Издательство Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений, 2009. 378 с.

анализа для обнаружения достоверных различий по проявлению болезней и формируемой урожайности ярового рапса между вариантами опытов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фитоэкспертиза семян выявила наличие грибов рода *Alternaria*, а также *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp., *Mucor* spp., вызывающих плесневение. Показатели зараженности семян на не обработанном фунгицидами контроле указывают на то, что оценка эффективности препаратов проводилась в условиях слабой, умеренной и сильной инфекционной нагрузки. Так, зараженность семян грибами *Alternaria* spp. варьировала по годам от 6,0 до 59,0%, плесневыми грибами – от 12,0 до 98,0%.

По результатам фитоэкспертизы определено, что используемые в качестве эталонов препараты Скарлет, МЭ и Редут, КС обеспечивали надежную защиту только от грибов рода *Alternaria*: снижение зараженности семян составило 91,5–100,0 и 85,7–100,0% соответственно. Защитный эффект в отношении плесневых грибов оказался значительно более слабым: 50,0–90,0 и 41,8–50,0% (см. табл. 1).

По сравнению с препаратами-эталонами новые фунгициды демонстрировали схожую

эффективность против грибов *Alternaria* spp. и более высокую эффективность в отношении плесневых грибов. Снижение зараженности семян грибами рода *Alternaria* в варианте с обработкой препаратом Тирада, СК по усредненным двухлетним данным испытаний в зависимости от нормы расхода составляло 86,6–94,9%, плесневыми грибами – 86,7–93,4%, при обработке Витарос, ВСК – 93,2–96,6 и 90,9–96,6%, Синклер, СК – 91,7–100,0 и 73,5–78,6%. Следует отметить, что со снижением инфекционной нагрузки повышалась эффективность протравителей.

Процесс развития семенной инфекции в различных вариантах опыта представлен на рис. 1.

Корневая гниль проявляется на проростках и молодых растениях ярового рапса в виде потемнения и утончения стебля в области корневой шейки (см. рис. 2). При сильном поражении корни отмирают, растения отстают в развитии, имеют хлоротичную или антоциановую окраску листьев и могут погибнуть [10, 11]. Заболевание вызывается как одним видом, так и целым комплексом видов микромицетов. В Ленинградской области растения чаще поражаются *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn., а также *Fusarium* spp. (*F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum* и др.) и *Pythium* spp. Иногда причиной корневой гнили является поражение корней и корневой шей-

Табл. 1. Биологическая эффективность фунгицидов против семенной инфекции при обработке семян ярового рапса

Table 1. Biological efficiency of fungicides against seed infection in the treatment of spring rape seeds

Вариант опыта	Норма расхода, л/г	Снижение зараженности относительно контроля, %					
		2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		<i>Alternaria</i> spp.	Плесневые грибы	<i>Alternaria</i> spp.	Плесневые грибы	<i>Alternaria</i> spp.	Плесневые грибы
Тирада, СК	2,0	89,8	90,0	83,3	83,3	–	–
	3,0	89,8	95,0	100,0	91,7	–	–
Витарос, ВСК	3,0	86,4	90,0	100,0	91,7	–	–
	4,0	93,2	95,0	100,0	91,7	–	–
	6,0	93,2	100,0	100,0	100,0	–	–
Синклер, СК	1,3	–	–	83,3	100,0	100,0	46,9
	1,6	–	–	100,0	100,0	100,0	57,1
Скарлет, МЭ	0,4	91,5	90,0	100,0	50,0	–	–
Редут, КС	0,5	–	–	100,0	50,0	85,7	41,8
Без обработки (контроль)*	–	59,0	20,0	6,0	12,0	7,0	98,0

*Фактические значения зараженности семян, %.

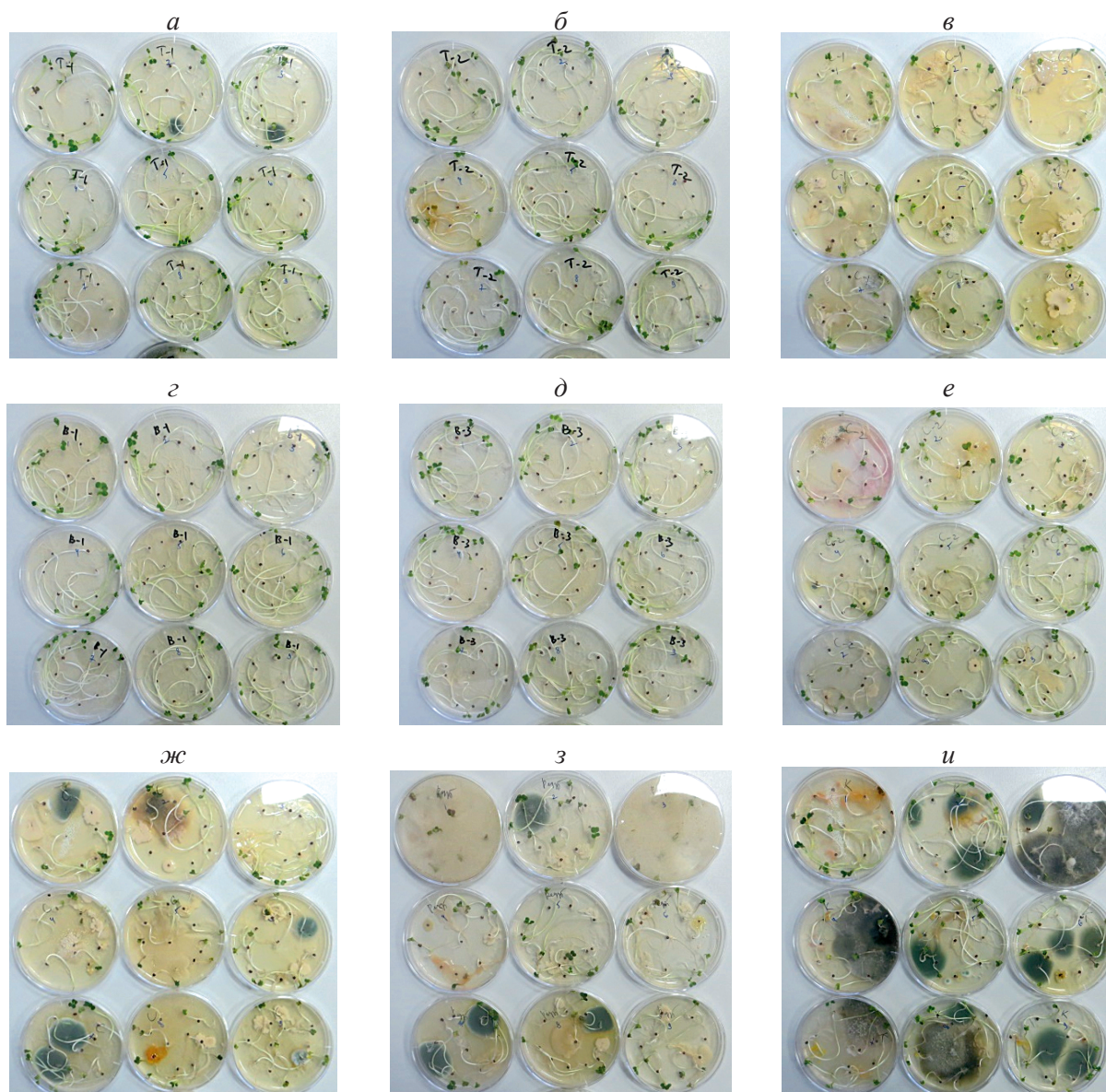


Рис. 1. Проявление инфекции на семенах ярового рапса в вариантах без обработки и с обработкой фунгицидами:

а, б – Тирада, СК (норма расхода 2,0 и 3,0 л/т); в, е – Синклер, СК (1,3 и 1,6 л/т); г, д – Витарос, ВСК (3,0 и 6,0 л/т); ж – Скарлет, МЭ (0,4 л/т); з – Редут, КС (0,5 л/т); и – контроль

Fig. 1. The manifestation of infection on spring rape seeds in the variants without treatment and with seed treatment with fungicides:

а, б – Tirada, SK (2.0 and 3.0 l/t); в, е – Sinclair, SK (1.3 and 1.6 l/t); г, д – Vitaros, VSK (3.0 and 6.0 l/t); ж – Scarlet, ME (0.4 l/t); з – Redout, KS (0.5 l/t); и – control

ки мицелием, развившимся из находящихся в почве склеротиев *Sclerotinia sclerotiorum* (Libert) de Bary. В наших опытах чаще всего выделялись в чистую культуру грибы рода *Fusarium*.

Оценку эффективности фунгицидной обработки посевного материала рапса проводили при отсутствии на семенах фузариевых грибов, на фоне слабого и умеренного разви-

тия корневых гнилей, обусловленного исключительно почвенной инфекцией. В контрольном варианте в фазу формирования четырех настоящих листьев доля растений, пораженных корневой гнилью, изменялась по годам в пределах 5,4–11,5%, в фазу стеблевания – 9,9–13,4%.

Эффективность препаратов-эталонов Скарлет, МЭ и Редут, КС в защите рапса от



Рис. 2. Пораженные (а) и не пораженные (б) корневой гнилью растения ярового рапса
Fig. 2. Root rot affected (a) and not affected (b) spring rape plants

Табл. 2. Биологическая эффективность фунгицидов против корневых гнилей при обработке семян ярового рапса

Table 2. Biological efficiency of fungicides against root rot in the treatment of spring rape seeds

Вариант опыта	Норма расхода, л/т	Снижение развития корневых гнилей относительно контроля, %					
		2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		Формирование четырех настоящих листьев	Стеблевание	Формирование четырех настоящих листьев	Стеблевание	Формирование четырех настоящих листьев	Стеблевание
Тирада, СК	2,0	36,2	12,6	39,2	14,2	—	—
	3,0	45,7	41,4	67,6	41,0	—	—
Витарос, ВСК	3,0	29,6	21,2	24,7	14,5	—	—
	4,0	41,7	23,2	37,0	31,8	—	—
	6,0	53,9	25,3	50,6	32,7	—	—
Синклер, СК	1,3	—	—	39,2	14,2	24,1	21,5
	1,6	—	—	67,6	41,0	77,8	59,8
Скарлет, МЭ	0,4	25,2	31,3	6,8	15,7	—	—
Редут, КС	0,5	—	—	29,6	5,6	18,5	16,8
Без обработки (контроль)*	—	11,5	9,9	7,4	13,4	5,4	10,7

*Фактические значения развития корневых гнилей, %.

корневых гнилей оказалась низкой и не превышала 31,0% в обеих фазах. Более высокие показатели отмечены у новых препаратов. Снижение зараженности корневыми гнилями в фазу формирования четырех настоящих листьев в варианте с обработкой семян препаратом Тирада, СК по усредненным двухлетним данным в зависимости от нормы расхода составляло 37,7–56,7%, в фазу стеблевания – 13,4–41,2%, при обработке Витарос, ВСК – 27,2–52,3 и 17,9–29,0%, Синклер, СК – 31,7–72,7 и 17,9–50,4%. Следует отметить, что во всех случаях лучший результат отмечался при более высоких нормах расхода препаратов. Эффективность протравителей снижалась по мере роста и развития растений, что можно видеть при сравнении данных развития корневых гнилей в обеих фазах (см. табл. 2).

Обработка семян фунгицидами способствовала также росту урожайности рапса на 3,0–50,0% относительно контроля. Увеличение урожайности (по усредненным данным опытов на 14,0%) происходило в основном за счет такого элемента структуры урожая, как масса семян с одного растения, в меньшей степени – за счет густоты стояния продуктивных растений (на 8,0%) и массы 1000 семян (на 7,0%).

Наибольшая сохранность урожая рапса отмечалась в 2021 г. в вариантах с применением препарата Синклер, СК в условиях сильной зараженности посевного материала плесневыми грибами, что привело к снижению густоты общего и продуктивного стеблестоя. При этом, согласно полученным результатам, препарат-эталон Редут, КС уступал по хозяйственной эффективности новому фунгициду Синклер, СК в зависимости от нормы расхода последнего в 1,2–1,4 раза. В 2020 г. достоверные различия по урожайности имелись только между вариантами с применением фунгицидов Синклер, СК в норме 1,6 л/га и Редут, КС – 64,1 и 56,3 г/м² соответственно (см. табл. 3). На протяжении двух лет проведения опытов более высокие показатели хозяйственной эффективности, в сравнении с эталонным препаратом Скарлет, МЭ, отмечались при обработке семян новым фунгицидом Витарос, ВСК в концентрации 4,0 и 6,0 л/т. Наименьший хозяйственный эффект получен при обработке семенного материала препаратом Тирада, СК. В данном случае отсутствовали достоверные различия по урожайности семян ярового рапса не только с эталоном, но и с контролем.

Табл. 3. Влияние обработки семенного материала фунгицидами на урожайность ярового рапса
Table 3. Effect of seed treatment with fungicides on spring rape yields

Вариант опыта	Норма расхода, л/т	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		г/м ²	% к контролю	г/м ²	% к контролю	г/м ²	% к контролю
Тирада, СК	2,0	159,4	105,0	85,8	104,0	—	—
	3,0	172,8	113,0	88,2	107,0	—	—
Скарлет, МЭ	0,4	180,6	118,0	84,9	103,0	—	—
Без обработки (контроль)	—	152,5	100,0	82,5	100,0	—	—
НСР ₀₅		24,5		17,1			
Витарос, ВСК	3,0	134,3	109,0	70,9	109,0	—	—
	4,0	142,6	115,0	87,0	134,0	—	—
	6,0	144,2	117,0	89,4	137,0	—	—
Скарлет, МЭ	0,4	136,8	111,0	72,2	111,0	—	—
Без обработки (контроль)	—	123,6	100,0	65,1	100,0	—	—
НСР ₀₅		19,3		15,5			
Синклер, СК	1,3	—	—	55,6	115,0	31,9	132,0
	1,6	—	—	64,1	133,0	36,2	150,0
Редут, КС	0,5	—	—	56,3	117,0	25,8	107,0
Без обработки (контроль)	—	—	—	48,3	100,0	24,1	100,0
НСР ₀₅		—		7,8		5,9	

ВЫВОДЫ

1. В процессе исследований в природно-климатических условиях Северо-Запада России подтверждена высокая эффективность применения новых фунгицидов для защиты семян ярового рапса от семенной инфекции и средняя эффективность в отношении корневых гнилей фузариозной этиологии. При этом в результате использования новых препаратов отмечался более высокий уровень снижения развития заболеваний, чем в вариантах с уже разрешенными к применению фунгицидами Скарлет, МЭ и Редут, КС. Величина сохраненного урожая при обработке препаратом Тирада, СК (расход 2,0 и 3,0 л/т) по усредненным данным за два года составила 5,1 и 13,0 г/м² (5,0 и 10,0%), при обработке Витарос, ВСК (расход 3,0; 4,0 и 6,0 л/т) – 8,3; 20,5 и 22,5 г/м² (9,0; 25,0 и 27,0%), Синклер, СК (расход 1,3 и 1,6 л/т) – 7,6 и 14,0 г/м² (24,0 и 42,0%) соответственно.

2. Полученные показатели биологической и хозяйственной эффективности указывают на большие перспективы использования новых фунгицидов в защите ярового рапса от семенной и почвенной инфекции путем обработки посевного материала на Северо-Западе РФ. Регистрация фунгицидов Тирада, СК, Витарос, ВСК и Синклер, СК в качестве пре-

паратов, разрешенных для обработки рапса, откроет возможности к их широкому применению, особенно востребованному в условиях прогнозируемого ухудшения фитопатологической обстановки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Можейко О. Рапс: современные районированные сорта, экономика, риски и перспективы // Рынок АПК. 2021. № 12 (218). С. 82–86.
2. Пугачев П.М. Рапс 2019: итоги, реалии, перспективы // Комбикорма. 2020. № 3. С. 2–4.
3. Шпанев А.М., Смук В.В. Фитосанитарные риски возделывания ярового рапса в Ленинградской области // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 2. С. 41–46. DOI: 10.31857/S2500262722020089.
4. Лаптев А.Б. Химический метод в защите посевов масличных культур // Защита и карантин растений. 2020. № 11. С. 16–18.
5. Запрудский А.А., Будревич А.П., Богомолова И.В., Агейчик В.В., Лешкевич Н.В. Система защиты ярового рапса // Наше сельское хозяйство. 2021. № 9 (257). С. 50–61.
6. Запрудский А.А., Лешкевич Н.В., Гайдарова С.А., Агейчик В.В. Эффективность протравливания семян озимого рапса // Наше сельское хозяйство. 2020. № 13 (237). С. 32–37.
7. Сердюк О.А., Горлова Л.А. Влияние предпосевной обработки семян рапса ярового

- фунгицидами на их посевные качества и биометрические параметры проростков // Агрофорум. 2019. № 6. С. 36–37.
8. Низамов Р.М., Сулейманов С.Р. Эффективность применения биопрепаратов при возделывании ярового рапса на маслосемена в климатических условиях Предкамья в Республике Татарстан // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2020. № 1 (12). С. 38–45. DOI: 10.17022/3qx6-h410.
 9. Тойгильдин А.Л., Подсевалов М.И., Остин В.Н. Перспективы использования масличных культур в севооборотах лесостепной зоны Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2 (54). С. 54–61. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-2-54-61.
 10. Лешкевич Н.В. Патогенный комплекс грибов, паразитирующих на озимом рапсе (литературный обзор) // Защита растений. 2018. № 42. С. 116–134.
 11. Михина Н.Г., Бухонова Ю.В. Мониторинг вредителей и болезней рапса и горчицы // Защита и карантин растений. 2022. № 8. С. 17–23. DOI: 10.47528/1026-8634_2022_8_17.

REFERENCES

1. Mozheiko O. Rapeseed: modern zoned varieties, economics, risks and prospects. *Rynok Agropyromyshlennogo kompleksa = Agricultural Market*, 2021, no. 12 (218), pp. 82–86. (In Russian).
2. Pugachev P.M. Rapeseed 2019: results, realities, prospects. *Kombikorma = Compound feeds*, 2020, no. 3, pp. 2–4. (In Russian).
3. Shpanev A.M., Smuk V.V. Phytosanitary risks of spring rapeseed cultivation in the Leningrad Region. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka = Russian Agricultural Science*, 2022, no. 2, pp. 41–46. (In Russian). DOI: 10.31857/S2500262722020089.
4. Laptiyev A.B. Chemical method in the protection of oilseed crops. *Zashchita i karantin rasteniy = Plant protection and quarantine*, 2020, no. 11, pp. 16–18. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Шпанев А.М., доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 196608, г. Санкт-Петербург, Пушкин, ш. Подбельского, 3; e-mail: ashpanev@mail.ru

Гасич Е.Л., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

5. Zaprudsky A.A., Budrevich A.P., Bogomolova I.V., Ageichik V.V., Leshkevich N.V. Spring rapeseed protection system. *Nashe sel'skoye khozyaystvo = Our agriculture*, 2021, no. 9 (257), pp. 50–61. (In Russian).
6. Zaprudsky A.A., Leshkevich N.V., Gaidarova S.A., Ageichik V.V. Efficiency of dressing seeds of winter rapeseed. *Nashe sel'skoye khozyaystvo = Our agriculture*, 2020, no. 13 (237), pp. 32–37. (In Russian).
7. Serdyuk O.A., Gorlova L.A. Influence of pre-sowing treatment of spring rape seeds with fungicides on their sowing qualities and biometric parameters of seedlings. *Agroforum = Agroforum*, 2019, no. 6, pp. 36–37. (In Russian).
8. Nizamov R.M., Suleimanov S.R. Efficiency of biological products application when cultivating spring rape on oilseeds under climatic conditions of Kama area in the Republic of Tatarstan. *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik Chuvash State Agrarian University*, 2020, no. 1 (12), pp. 38–45. (In Russian). DOI: 10.17022/3qx6-h410.
9. Toygildin A.L., Podsevalov M.I., Austin V.N. Prospects for usage of oil crops in crop rotations in the forest-steppe zone of the Volga region. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*, 2021, no. 2 (54), pp. 54–61. (In Russian). DOI: 10.18286/1816-4501-2021-2-54-61.
10. Leshkevich N.V. Pathogenic complex of fungi parasitizing on winter rapeseed (literature review). *Zashchita rasteniy = Plant Protection*, 2018, no. 42, pp. 116–134. (In Russian).
11. Mikhina N.G., Bukhonova Yu.V. Monitoring of pests and diseases of rapeseed and mustard. *Zashchita i karantin rasteniy = Plant protection and quarantine*, 2022, no. 8, pp. 17–23. (In Russian). DOI: 10.47528/1026-8634_2022_8_17.

AUTHOR INFORMATION

✉ Alexander M. Shpanev, Doctor of Science in Biology, Lead Researcher; **address:** 3, Podbel'skogo St., Pushkin, St. Petersburg, 196608, Russia; e-mail: ashpanev@mail.ru

Elena L. Gasich, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 04.04.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 10.05.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023

КЛОПЫ *COREUS MARGINATUS ORIENTALIS* KIR. И *MOLIPTERYX FULIGINOSA* UHL. (HETEROPTERA, COREIDAE) – ВРЕДИТЕЛИ КУЛЬТУРНЫХ РОЗОВЫХ (ROSACEAE) В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

✉ Маркова Т.О., Маслов М.В.

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии

Дальневосточного отделения Российской академии наук

Владивосток, Россия

✉ e-mail: martania@mail.ru

Приведены сведения о биологии и экологии клопов *Coreus marginatus orientalis* и *Molipteryx fuliginosa* (Heteroptera, Coreidae), которые за последние 10 лет стали серьезными вредителями в антропо- и агроценозах юга Дальнего Востока России. Цель исследования – обобщить данные наблюдений за этими видами как вредителями культурных Розовых в Приморском крае. Исследования проводили с мая по октябрь 2007–2022 гг.: осуществляли сбор материала полужесткокрылых, наблюдения в естественных местообитаниях и стационарных условиях. *M. fuliginosa* отмечен на окультуренных территориях Уссурийского городского округа на *Rosa acicularis*, *R. rugosa*, *R. davurica*, *Rubus komarovii*, *R. crataegifolius*, используемых в озеленении. Зафиксированы случаи питания клопов, высасывания сока из вегетативных частей растений и соплодий. *C. m. orientalis* обнаружен на приусадебных участках в Чугуевском, Октябрьском, Ханкайском районах и Уссурийском городском округе. Собран на кустах *Rubus idaeus*, *R. caesius*, которые являются общими объектами питания для *C. m. orientalis* и *M. fuliginosa*. На культивируемых растениях происходят скопление, копуляция и яйцекладка этих насекомых. В результате заселения растений *M. fuliginosa* нарушается нормальное развитие листовых пластинок, наблюдается увядание апикальной части побегов. При питании *C. m. orientalis* на соплодиях малины происходят повреждение цветоложа и усыхание костянок.

Ключевые слова: Heteroptera, Coreidae, Дальний Восток России, Приморский край, *Coreus marginatus orientalis*, *Molipteryx fuliginosa*, Rosaceae

LEAF-FOOTED BUGS *COREUS MARGINATUS ORIENTALIS* KIR. AND *MOLIPTERYX FULIGINOSA* UHL. (HETEROPTERA, COREIDAE) – PESTS OF CULTIVATED ROSES (ROSACEAE) IN THE PRIMORSKY TERRITORY

✉ Markova T.O., Maslov M.V.

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences

Vladivostok, Russia

✉ e-mail: martania@mail.ru

The data on biology and ecology of bed bugs *Coreus marginatus orientalis* and *Molipteryx fuliginosa* (Heteroptera, Coreidae), which have become serious pests in anthropo- and agrocnoses of the south of the Russian Far East for the last 10 years, are presented. The purpose of the study is to summarize the observation data on these species as pests of cultivated Rose species in the Primorsky Territory. The studies were carried out from May to October 2007–2022: material collection of hemipterans, observations in natural habitats and stationary conditions were conducted. *M. fuliginosa* was observed in the cultivated areas of the Ussuriisk urban district on *Rosa acicularis*, *R. rugosa*, *R. davurica*, *Rubus komarovii*, *R. crataegifolius* used in landscaping. Cases of bed bugs feeding, sucking sap from vegetative parts of the plants and seedballs were recorded. *C. m. orientalis* was found on homestead plots in the Chuguevsky, Oktyabrsky, Khankaisky districts and the Ussuriisk urban district. It was collected on the bushes of *Rubus idaeus*, *R. caesius*, which are common feeding sites for *C. m. orientalis* and *M. fuliginosa*. Aggregation, copulation and oviposition of these insects occur on the cultivated plants. As a result of the infestation of plants by *M. fuliginosa*, normal development of leaf plates is disturbed, wilting of the apical part of shoots is observed. When *C. m. orientalis* feeds on raspberry seedballs, damage to the flower disc and desiccation of the drupes occur.

Keywords: Heteroptera, Coreidae, Russian Far East, Primorsky Territory, *Coreus marginatus orientalis*, *Molipteryx fuliginosa*, Rosaceae

Для цитирования: Маркова Т.О., Маслов М.В. Клопы *Coreus marginatus orientalis* Kir. и *Molipteryx fuliginosa* Uhl. (Heteroptera, Coreidae) – вредители культурных Розовых (Rosaceae) в Приморском крае // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 68–74. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-8>

For citation: Markova T.O., Maslov M.V. Leaf-footed bugs *Coreus marginatus orientalis* Kir. and *Molipteryx fuliginosa* Uhl. (Heteroptera, Coreidae) – pests of cultivated Roses (Rosaceae) in the Primorsky Territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 68–74. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-8>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

1. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000120-9).

2. Авторы выражают искреннюю признательность Е.В. Канюковой (Зоологический музей Дальневосточного федерального университета, г. Владивосток) за консультации, С.А. Макаревичу (г. Уссурийск) и другим садоводам-практикам за предоставление сведений.

Acknowledgements

1. The research was carried out within the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 121031000120-9).

2. The authors express their sincere gratitude to E.V. Kanyukova (Zoological Museum of Far Eastern Federal University, Vladivostok) for consultations, S.A. Makarevich (Ussuriysk) and other practicing gardeners for providing information.

ВВЕДЕНИЕ

Серьезная экологическая проблема на территории Дальневосточного федерального округа и России в целом – вселение чужеродных видов в состав естественных и антропогенно-преобразованных биоценозов [1–5]. При этом виды-вселенцы могут формировать устойчивые популяции, создавать конкуренцию видам аборигенной фауны, приобретать статус вредителей. В последние годы нами проводятся наблюдения за биологией и экологией клопов *Molipteryx fuliginosa* (Uhler, 1860) и *Coreus marginatus orientalis* (Heteroptera, Coreidae) (Kiritshenko, 1916) в условиях Приморского края [6, 7]. Представитель аборигенной фауны *C. m. orientalis* имеет несколько русских названий (краевик, или ромбовик окаймленный; щавелевый, или ревеневый, клоп) и является одним из фоновых видов на юге Дальнего Востока России. До

настоящего времени *C. m. orientalis* не занесен в список насекомых-вредителей сельского хозяйства Дальнего Востока^{1,2}.

M. fuliginosa зафиксирован на Российском Дальнем Востоке более трех десятилетий назад³. В Китае он включен в перечень экономически значимых насекомых⁴, но не считается первостепенным вредителем, поскольку его растениями-хозяевами являются сорные виды. В этом же списке значатся *Camellia oleifera* Abel (Theaceae) [8], *Bambusa* sp. (Poaceae, Bambusoideae)⁵ и *Oryza* sp. (Poaceae) [9]. В последние годы *M. fuliginosa* расширяет свой ареал и переходит в разряд вредных для садовых растений насекомых. Массовый рост численности клопа в ряде районов Приморского края отмечен в 2012 и 2015 гг. Наблюдалось питание насекомого на малине (*Rubus* sp.), что заставило обратить на него пристальное внимание и включить в

¹Канюкова Е.В. Отряд Heteroptera – Полужесткокрылые, или клопы // Насекомые – вредители сельского хозяйства Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1995. С. 51–55.

²Мищенко А.И. Насекомые – вредители сельскохозяйственных растений Дальнего Востока. Хабаровск, 1957. 205 с.

³Kerzhner I.M., Kanyukova E.V. First record of *Molipteryx fuliginosa* Uhler from Russia (Heteroptera: Coreidae) // *Zoosystematica Rossica*. 1998. Vol. 7. N 1. P. 84.

⁴Zhang Sh. Economic Insect Fauna of China // *Hemiptera*. 1985. Vol. 1. Fasc. 31. P. 1–242, I–LIX.

⁵Wang H.J., Li P., Gao Y.D., Yuan M. A list of insect pests of bamboos in Baishuijiang Natural Reserve // *Journal of Gansu Forestry Science and Technology*. 2002. Vol. 27. N 4. P. 12–16.

список насекомых-вселенцев [10, 11]. В последние годы имаго и личинки *C. m. orientalis* и *M. fuliginosa* все чаще стали встречаться совместно в агроценозах юга Приморского края и имеют тенденцию к переходу в разряд вредителей.

Цель исследования – обобщить данные наблюдений и представить новые сведения о клопах *C. m. orientalis* и *M. fuliginosa* как вредителях культурных Розовых в Приморском крае.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили с мая по октябрь 2007–2022 гг. в Приморском крае (см. рис. 1): осуществляли сбор коллекционного материала, наблюдение в естественных местообитаниях и стационарных условиях (часть клопов содержали в садках). Методики сбора и содержания насекомых указаны ранее [6, 7].

Вели сравнительные наблюдения за насекомыми в садках и естественных ценозах с момента выхода весной перезимовавших

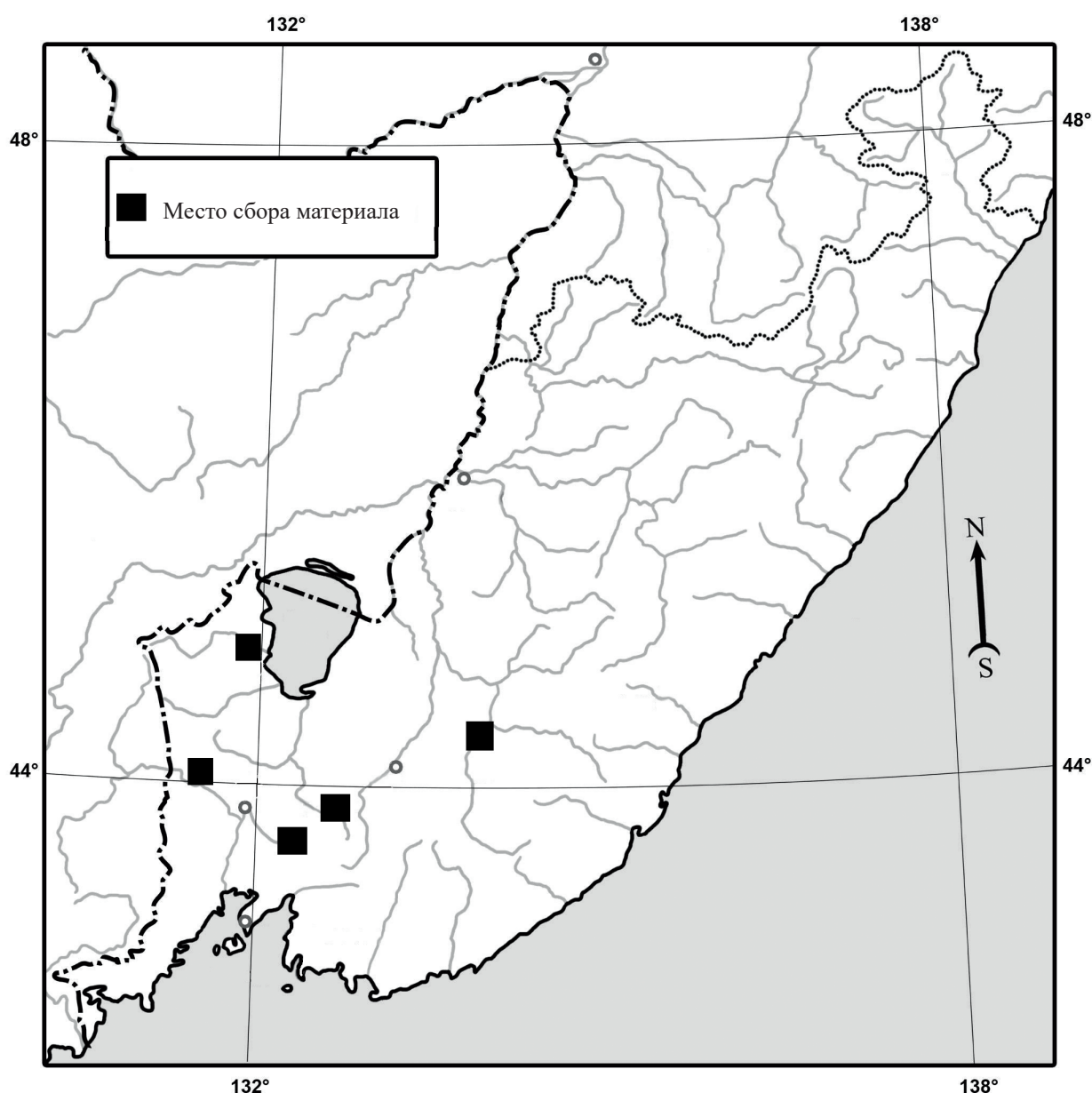


Рис. 1. Карта района исследования с указанием мест сбора материала

Fig. 1. Map of the study area with the locations of material collection

имаго и начала яйцекладки до выплаживания личинок, их созревания и линек всех пяти возрастов, вплоть до окрыления имаго нового поколения. Все процессы сопровождали фотосъемкой. В естественных условиях наблюдали за питанием насекомых, выявляли симптомы повреждения плодов, увядания и усыхания фрагментов растений, расположенных выше места сосания.

Материал хранится частично в личной коллекции Т.О. Марковой и в коллекции Зоологического музея (Дальневосточный федеральный округ, г. Владивосток).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

M. fuliginosa (см. рис. 2) на территории Приморского края отмечен в следующих окультуренных местообитаниях и агроценозах Уссурийского городского округа:

1. Приусадебные участки в селах Каме-нушка, Каймановка, Горнотаежное. Собран на кустах малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.), малины ремонтантной (*R. sp.*), ежевики сизой (*R. caesius* L.), 20.V–27.IX.2015, 30.V–30.IX.2016–2022, всего: 700 экз. (Т.О. Маркова, М.В. Маслов).

2. Озелененные участки в селах Каме-нушка, Каймановка. Собран на кустах розы морщинистой (*Rosa rugosa* Thunb.),

малины боярышниковидной (*Rubus crataegifolius* Bunge), 03.IX.2015, VI–IX.2016, VII–VIII.2019, всего: 25 экз. (Т.О. Маркова, М.В. Маслов, Л.Н. Федина).

3. Плодовые питомники в с. Заречном (в плодовом питомнике садового товарищества «Родина» С.А. Макаревичем осуществляется выращивание саженцев плодовых деревьев, ягодных кустарников и винограда, все культуры произрастают отдельно). Собран на поле размножения саженцев малины обыкновенной, на кустах, 23.VI.2020, всего: 3 экз. (С.А. Макаревич).

4. Озелененные участки в г. Уссурийске (центральная часть города – улицы Октябрьская, Плеханова, Советская, окраина города – ул. Пологая). В последние годы в озеленении применяются различные виды Розовых – роза даурская, роза иглистая (*Rosa acicularis* Lindl.), малина Комарова (*Rubus komarovii* Nakai) и др. Собран на кустах розы иглистой, малины Комарова, розы даурской (*Rosa davurica* Pall.), розы морщинистой, 04–28.IX.2015, 13–20.VI.2018, 04–20.IX.2019, всего: 30 экз. (Т.О. Маркова).

Питание *M. fuliginosa* на указанных растениях подтверждено содержанием в садках.

C. m. orientalis (см. рис. 3) отмечен на приусадебных участках, расположенных в селах

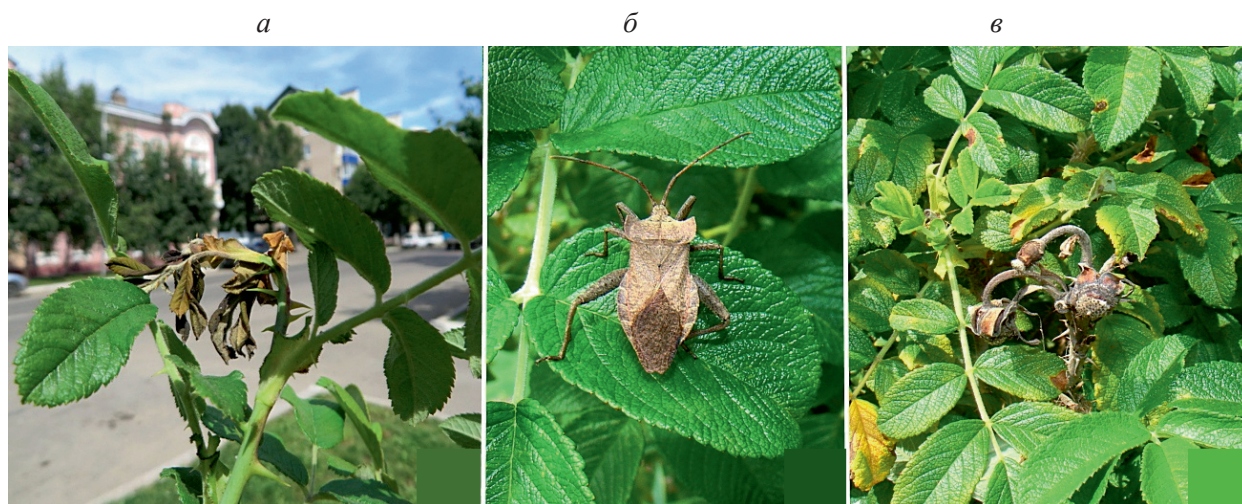


Рис. 2. *Molipteryx fuliginosa* на окультуренных территориях и приусадебных участках (Приморский край): а – увядание апикальной части побегов *Rosa acicularis* в результате питания имаго, г. Уссурийск; б – имаго на листовой пластинке *R. rugosa*; в – усыхание плодов и апикальной части побегов *R. rugosa*, с. Каймановка

Fig. 2. *Molipteryx fuliginosa* in the cultivated areas and homestead plots (the Primorsky Territory): а – wilting of the apical part of *Rosa acicularis* shoots as a result of adult feeding, Ussuriysk; б – adults on the leaf lamina of *R. rugosa*; в – shriveling of fruits and apical part of shoots of *R. rugosa*, Kaimanovka village

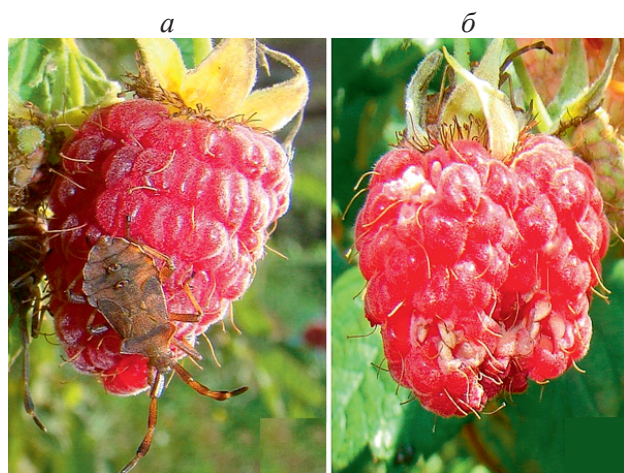


Рис. 3. *Coreus marginatus orientalis* в агроценозах Приморского края:

а – питание личинки 5-го возраста на соплодии *Rubus idaeus*; *б* – усыхание костянок малины обыкновенной в результате высасывания соков личинками и имаго, с. Каймановка

Fig. 3. *Coreus marginatus orientalis* in agrocenoses of the Primorsky Territory:

а – feeding of V instar larvae on *Rubus idaeus* seedball; *б* – desiccation of common raspberry drupes as a result of sap sucking by larvae and adults, Kaimanovka village

Новомихайловка (Чугуевский район), Заречное (Октябрьский район), Каймановка (Уссурийский городской округ), Первомайское (Ханкайский район). Собран на кустах малины обыкновенной, малины ремонтантной, ежевики сизой, 21.VII.2007, всего: 10 экз. (З.И. Лимачко), 05.VI–20.VIII.2018, всего: 13 экз. (А.С. Сахнов, Т.О. Маркова), 02.VI–03.VII.2015, 25.VII.2016, 28–31.VII.2017, 08.VII–10.VIII.2018, 19.VI–29.VIII.2019, 19.VI–29.VIII.2022, всего: 80 экз. (Т.О. Маркова, М.В. Маслов), 05–24.VII.2017, всего: 10 экз. (А.В. Ховрина).

Питание *C. m. orientalis* на указанных растениях подтверждено содержанием в садках.

M. fuliginosa отмечен на розе иглистой, розе морщинистой, розе даурской, малине Комарова, малине боярышничколистной, используемых в озеленении. Во всех случаях наблюдались питание клопов, высасывание сока вегетативных частей растений и соплодий (см. рис. 2, *а, в*).

Общими микростациями и объектами питания для *C. m. orientalis* и *M. fuliginosa*

в антропо- и агроценозах являются малина обыкновенная, малина ремонтантная и ежевика сизая. Оба вида зимуют в имагинальной стадии. Массовые случаи спаривания и образование скоплений из 7–10 особей на малине и ежевике в агроценозах замечены в период появления молодых побегов и бутонизации. Самки *M. fuliginosa* откладывают яйца на листовые пластины и стебли малины, *C. m. orientalis* – также непосредственно на соплодия. Личинки 2–5-го возрастов мигрируют на верхние части растений, высасывая соки из молодых побегов и соцветий. В результате происходит нарушение нормального развития листовых пластинок, угнетение точки роста, увядание апикальной части побегов и опадение бутонов. При этом *M. fuliginosa* в личиночной и имагинальной стадиях использует для питания в основном вегетативные части растения, *C. m. orientalis* – генеративные органы, в частности соплодия, которые личинки заселяют до размягчения и физиологической зрелости ягод (см. рис. 3).

Для борьбы с вредителями садоводам-практикам можно рекомендовать сбор копулирующих насекомых с садовых растений, чтобы уменьшить количество яиц, отложенных на листовые пластины и стебли, а также обработку растений во II декаде июня для уничтожения личинок ранних стадий. Специалистами рекомендованы такие меры борьбы, как уничтожение сорной растительности в период вегетации малины, уборка опавших листьев осенью, проведение обработок препаратами фитоверм, КЭ и фуфанон КЭ⁶.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что с 2012 г. представители двух видов клопов семейства Coreidae – щавелевый клоп *C. m. orientalis* и вселенец из Юго-Восточной Азии *M. fuliginosa* – стали серьезными вредителями в антропо- и агроценозах юга Дальнего Востока России. На культивируемых растениях (малине обыкновенной, ежевике сизой и их ремонтантных сортах) происходят

⁶Сады и огороды [Электронный ресурс]. 2013. 1 авг. № 46. URL: https://vladnews.ru/ev/sad/46/2500/primore_obyavilsya.

скопление, копуляция и яйцекладка этих насекомых.

В результате заселения *M. fuliginosa* происходят нарушение нормального развития листовых пластинок, угнетение точки роста, увядание апикальной части побегов. *C. m. orientalis* на кустах малины предпочитают верхушечные части побегов со стадии завязывания плодов до их полного созревания. При питании клопов на соплодиях малины происходят повреждение цветоложа и усыхание костянок.

Таким образом, оба вида клопов оказывают негативное воздействие на физиологию культурных Розовых в агроценозах. Необходимы дальнейшие наблюдения за этими видами в Приморском крае и включение их в список потенциальных вредителей культурных Розовых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gapon D.A. First records of the western conifer seed bug *Leptoglossus occidentalis* Heid. (Heteroptera, Coreidae) from Russia and Ukraine, regularities in its distribution and possibilities of its range expansion in the Palaearctic region // Entomological Review. 2013. Vol. 93. N 2. P. 174–181. DOI: 10.1134/S001387381302005X.
2. Kuprin A.V., Kolyada N.A., Kasatkin D.G. New invasive species *Acanthoscelides pallidipennis* (Motschulsky, 1874) (Coleoptera: Bruchidae) in the fauna of the Russian Far East // Far Eastern entomologist. 2018. N 360. P. 25–28. DOI: 10.25221/fee.360.4.
3. Kolyada N.A., Kolyada A.S. Findings of the invasive species *Acanthoscelides pallidipennis* (Motschulsky, 1874) on *Amorpha fruticosa* L. in Primorsky krai // Russian Journal of Biological Invasions. 2019. Vol. 10. N 2. P. 157–159. DOI: 10.1134/S2075111719020085.
4. Streltsov A.N., Dubatolov V.V. First record of *Oncocera bitinctella* (Wileman, 1911) (Lepidoptera: Pyralidae, Phycitinae) in Russia // Far Eastern Entomologist. 2020. N 401. P. 10–12. DOI: 10.25221/fee.401.2.
5. Vinogradova Y.K., Aistova E.V., Antonova L.A., Chernyagina O.A., Chubar E.A., Chubar E.A., Darman G.F., Devyatova E.A., Khoreva M.G., Kotenko O.V., Marchuk E.A., Nikolin E.G., Prokopenko S.V., Rubtsova T.A., Sheiko V.V., Kudryavtseva E.P., Krestov P.V. Invasive plants in flora of the Russian Far East: the checklist and comments // Botanica pacifica: a journal of plant science and conservation. 2020. Vol. 9. N 1. P. 103–129. DOI: 10.17581/bp.2020.09107.
6. Markova T.O., Kanyukova E.V., Maslov M.V. Ecology of the Dock Bug *Coreus marginatus orientalis* (Kir.) (Heteroptera, Coreidae), a Host of Parasitic Dipterans (Diptera, Tachinidae), in the South of Primorskii Territory // Entomological Review. 2020. Vol. 100. N 5. P. 620–628. DOI: 10.1134/S0013873820050048.
7. Markova T.O., Kanyukova E.V., Maslov M.V. Phenology of *Molipteryx fuliginosa* (Uhler) (Heteroptera, Coreidae) in the South of the Russian Far East // Entomological Review. 2022. Vol. 102. N 1. P. 63–70. DOI: 10.1134/S0013873822010055.
8. Luo Z.J., Xiang S.S., Xiong Y. List of the insect pests of oilseed *Namellia* in Hubei // Hubei Forestry Science and Technology. 2014. Vol. 1. P. 73–74.
9. Chen J.H., Guo S.B., Xiong J.W., Hu K.F., Shi H.Z. Preliminary investigation of insect pests in mid-season Indica and Japonica rice fields of Xinyang Region // Journal of Henan Agricultural Sciences. 2014. Vol. 43. N 9. P. 110–115.
10. Канюкова Е.В. Клоп-краевик *Molipteryx fuliginosa* (Heteroptera: Coreidae) – новый вредитель малины на юге Дальнего Востока России // Амурский зоологический журнал. 2012. Т. 4. № 4. С. 331–332.
11. Markova T.O., Kanyukova E.V., Maslov M.V. Dynamics of the Distribution of *Molipteryx fuliginosa* (Uhler) (Heteroptera, Coreidae) in the Russian Far East // Russian Journal of Biological Invasions. 2021. Vol. 12. N 3. P. 289–298. DOI: 10.1134/S2075111721030103.

REFERENCES

1. Gapon D.A. First records of the western conifer seed bug *Leptoglossus occidentalis* Heid. (Heteroptera, Coreidae) from Russia and Ukraine, regularities in its distribution and possibilities of its range expansion in the Palaearctic region. *Entomological Review*, 2013, vol. 93, no. 2, pp. 174–181. DOI: 10.1134/S001387381302005X.
2. Kuprin A.V., Kolyada N.A., Kasatkin D.G. New invasive species *Acanthoscelides pallidipennis* (Motschulsky, 1874) (Coleoptera: Bruchidae) in the fauna of the Russian Far East. *Far Eastern entomologist*, 2018, no. 360, pp. 25–28. DOI: 10.25221/fee.360.4.

3. Kolyada N.A., Kolyada A.S. Findings of the invasive species *Acanthoscelides pallidipennis* (Motschulsky, 1874) on *Amorpha fruticosa* L. in Primorsky krai. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2019, vol. 10, no. 2, pp. 157–159. DOI: 10.1134/S2075111719020085.
4. Streltsov A.N., Dubatolov V.V. First record of *Oncocera bitinctella* (Wileman, 1911) (Lepidoptera: Pyralidae, Phycitinae) in Russia. *Far Eastern Entomologist*, 2020, no. 401, pp. 10–12. DOI: 10.25221/fee.401.2.
5. Vinogradova Y.K., Aistova E.V., Antonova L.A., Chernyagina O.A., Chubar E.A., Chubar E.A., Darman G.F., Devyatova E.A., Khoreva M.G., Kotenko O.V., Marchuk E.A., Nikolin E.G., Prokopenko S.V., Rubtsova T.A., Sheiko V.V., Kudryavtseva E.P., Krestov P.V. Invasive plants in flora of the Russian Far East: the checklist and comments. *Botanica pacifica: a journal of plant science and conservation*, 2020, vol. 9, no. 1, pp. 103–129. DOI: 10.17581/bp.2020.09107.
6. Markova T.O., Kanyukova E.V., Maslov M.V. Ecology of the Dock Bug *Coreus marginatus orientalis* (Kir.) (Heteroptera, Coreidae), a Host of Parasitic Dipterans (Diptera, Tachinidae), in the South of Primorskii Territory. *Entomological Review*, 2020, vol. 100, no. 5, pp. 620–628. DOI: 10.1134/S0013873820050048.
7. Markova T.O., Kanyukova E.V., Maslov M.V. Phenology of *Molipteryx fuliginosa* (Uhler) (Heteroptera, Coreidae) in the South of the Russian Far East. *Entomological Review*, 2022, vol. 102, no. 1, pp. 63–70. DOI: 10.1134/S0013873822010055.
8. Luo Z.J., Xiang S.S., Xiong Y. List of the insect pests of oilseed *Namellia* in Hubei. *Hubei Forestry Science and Technology*, 2014, vol. 1, pp. 73–74.
9. Chen J.H., Guo S.B., Xiong J.W., Hu K.F., Shi H.Z. Preliminary investigation of insect pests in mid-season Indica and Japonica rice fields of Xinyang Region. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2014, vol. 43, no. 9, pp. 110–115.
10. Kanyukova E.V. Bed bug *Moliptera fuliginosa* (Neteroptera: Koreyidae) – a new raspberry pest in the south of the Russian Far East. *Amurskiy zoologicheskii zhurnal = Amurian Zoological Journal*, 2012, vol. 4, no. 4, pp. 331–332. (In Russian).
11. Markova T.O., Kanyukova E.V., Maslov M.V. Dynamics of the Distribution of *Molipteryx fuliginosa* (Uhler) (Heteroptera, Coreidae) in the Russian Far East. *Russian Journal of Biological Invasions*, 2021, vol. 12, no. 3, pp. 289–298. DOI: 10.1134/S2075111721030103.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Маркова Т.О.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 690022, г. Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159; e-mail: martania@mail.ru

Маслов М.В., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Tatyana O. Markova**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 159, 100-th anniversary of Vladivostok ave., Vladivostok, 690022, Russia; e-mail: martania@mail.ru

Mikhail V. Maslov, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 23.01.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 06.03.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023



ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

✉ Иванищева А.П., Сизова Е.А., Камирова А.М., Мусабаева Л.Л.

*Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук*

Оренбург, Россия

✉ e-mail: nessi255@mail.ru

Представлены результаты исследований эффективности поликомпонентных кормовых добавок на основе растительных веществ как альтернативы антибиотикам. Отмечено, что пребиотики улучшают здоровье и продуктивность животных и повышают эффективность производственного процесса. При этом отдельное скармливание пребиотиков менее эффективно по сравнению с применением комплекса веществ разного функционального назначения. Проведена оценка влияния органоминеральной кормовой добавки с лактулозой и без нее на морфо-биохимический состав крови, переваримость компонентов рациона и продуктивность цыплят-бройлеров. Для опыта сформированы три группы ($n = 90$): 1-я опытная группа дополнительно к основному рациону получала комплексную органоминеральную кормовую добавку начиная с 7-суточного возраста до конца эксперимента (42-суточный возраст); 2-я – ту же добавку, лишенную лактулозы. Контрольная группа получала стандартный основной рацион. Установлено положительное влияние органоминеральной добавки на продуктивные показатели цыплят-бройлеров, в большей степени в присутствии лактулозы. Содержание альбумина и общего белка в крови цыплят-бройлеров положительно коррелировало со скоростью роста у животных. Более высокая концентрация этих показателей в группе с лактулозой может способствовать усилению скорости роста у подопытных животных. В 1-й опытной группе отмечено увеличение прироста живой массы к концу исследования на 17,9%, тогда как во 2-й группе он составлял 10,8%. Также при рационе, содержащем лактулозу, показатели переваримости питательных веществ повысились к концу исследований на 3,8–4,7% по сравнению с контролем. Использование в кормлении цыплят-бройлеров органоминеральной кормовой добавки является перспективным подходом.

Ключевые слова: органоминеральная добавка, лактулоза, морфо-биохимические показатели, цыплята-бройлеры, поликомпонентная добавка

INFLUENCE OF THE ORGANOMINERAL FEED ADDITIVE ON PRODUCTIVITY AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BROILER CHICKENS

✉ Ivanishcheva A.P., Sizova E.A., Kamirova A.M., Musabayeva L.L.

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

Orenburg, Russia

✉ e-mail: nessi255@mail.ru

The results of research on the effectiveness of multicomponent feed additives based on plant substances as an alternative to antibiotics are presented. It has been observed that prebiotics improve animal health and productivity and increase the efficiency of the production process. At the same time, separate feeding of prebiotics is less effective compared to the use of a complex of substances

of different functional purpose. Effect of the organomineral feed additive with and without lactulose on morpho-biochemical composition of blood, digestibility of diet components and productivity of broiler chickens has been evaluated. Three groups ($n = 90$) were formed for the experiment: the 1st experimental group in addition to the main diet received a complex organomineral feed additive, starting from 7-day-old until the end of the experiment (42-day-old); the 2nd group received the same additive without lactulose. The control group received the standard basic diet. The positive effect of organomineral additive on the productive parameters of broiler chickens was established, to a greater extent in the presence of lactulose. The content of albumin and total protein in the blood of broiler chickens was positively correlated with the growth rate in the animals. Higher concentration of these indices in the group with lactulose may contribute to enhanced growth rate in the experimental animals. The 1st experimental group showed an increase in the live weight gain by the end of the study by 17.9%, while in the 2nd group it was 10.8%. Also, with the diet containing lactulose, the indices of nutrient digestibility increased by the end of the study by 3.8–4.7% compared to the control. The use of the organomineral feed additive in the feeding of broiler chickens is a promising approach.

Keywords: organomineral additive, lactulose, morpho-biochemical parameters, broiler chickens, multicomponent additive

Для цитирования: Иванищева А.П., Сизова Е.А., Камирова А.М., Мусабаева Л.Л. Влияние органоминеральной кормовой добавки на продуктивность и биохимические показатели цыплят-бройлеров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 75–84. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-9>

For citation: Ivanishcheva A.P., Sizova E.A., Kamirova A.M., Musabayeva L.L. Influence of the organomineral feed additive on productivity and biochemical parameters of broiler chickens. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 75–84. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Статья опубликована в рамках выполнения государственного задания № 0761-2019-0005.

Acknowledgments

The article was published as part of the implementation of the state task № 0761-2019-0005.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время производители продукции птицеводства проявляют большой интерес к «натуральным» добавкам из-за неэффективности противомикробных препаратов и запрета на использование антибиотиков в кормлении животных. Поиск безопасных и приемлемых компонентов и веществ, их сочетаний для использования в кормлении является актуальной задачей. Полезными составляющими рациона в целом, а также как альтернатива антибиотикам в частности, могут стать пробиотики, пребиотики, травы, специи на основе растительных веществ. Благодаря многоцелевому действию пребиотиков улучшают здоровье и продуктивность животных и повышают эффективность производственного процесса. При этом скормливание отдельно пребиотиков менее эффективно по сравнению с комплексом веществ

разного функционального назначения. В их число могут входить макро- и микроэлементы, метаболические средства, аминокислоты и др. Рационы должны содержать правильный баланс основных питательных веществ, необходимых для удовлетворения потребностей птиц на различных этапах производства [1]. Представителем пребиотических веществ может выступать лактулоза. Ее основной функционал как пребиотика – протекция микробного сообщества кишечника. Под действием лактулозы количество бифидобактерий и лактобацилл увеличивается, тогда как количество клостридий, сальмонелл или кишечной палочки в желудочно-кишечном тракте снижается.

Одним из путей повышения активности нутриентов, в том числе микроэлементов, является преобразование их в мелкоразмерные, в частности ультрадисперсные части-

цы (УДЧ), с целью повышения физико-химической активности и биодоступности для живого организма [2]. Пористый ультрадисперсный кремний получил широкое применение в самых различных областях биологии, медицины и сельского хозяйства за счет уникальной биосовместимости, возможного изменения поверхности частиц, низкой токсичности. Также УДЧ Si представляют определенный интерес для применения в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы, так как основной функцией кремния является участие в промежуточном обмене как катализатора, в качестве элемента связи, обеспечивающего нормальное течение жизненно важных механизмов [3]. Таким образом, поликомпонентная органоминеральная кормовая добавка может улучшать продуктивные качества и благоприятно влиять на здоровье цыплят-бройлеров.

Цель исследования – оценить влияние органоминеральной кормовой добавки с лактулозой и без нее на морфо-биохимический состав крови, переваримость компонентов рациона и продуктивность цыплят-бройлеров.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в Центре коллективного пользования биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (ЦКП БСТ РАН¹) на цыплятах-бройлерах кросса «Арбор Айкрес».

Для осуществления поставленной цели сформированы три группы ($n = 90$): 1-я опытная группа дополнительно к основному рациону (ОР) получала комплексную органоминеральную кормовую добавку (40,81% – лактулоза, 28,57 – аргинин, 26,54 – кремний (УДЧ SiO₂), 4,08% – янтарная кислота) начиная с 7-суточного возраста до конца эксперимента (42-суточный возраст); 2-я – такую же добавку без лактулозы. Контрольная группа содержалась на ОР, рекомендованном Всероссийским научно-исследовательским и технологическим институтом птицеводства

(ВНИТИП)². Ультрадисперсный диоксид кремния представляет собой белый аморфный рассыпчатый порошок без специфического запаха.

Массовая доля кремния составляет не менее 99,8% по массе, хлора – не более 0,2%, гидродинамический диаметр – 388 ± 117 нм, удельная поверхность – $109 \text{ м}^2/\text{г}$, Z-потенциал – $27 \pm 0,1$ мВ (производство ООО «Плазмотерм», г. Москва, методом плазмохимического синтеза). Лактулоза – синтетический дисахарид, состоящий из двух молекул сахара – фруктозы и галактозы, связанных вместе β -1,4-гликозидной связью, также относится к классу олигосахаридов, подклассу дисахаридов. Представляет собой белое кристаллическое вещество, не имеющее запаха, хорошо растворимое в воде (производство ООО «Парусник», г. Санкт-Петербург, путем химической изомеризации лактозы в щелочной среде). Убой производили в возрасте птиц – 21 и 42 сут.

Морфологические показатели крови определяли при помощи автоматического анализатора DF-50 Vet («Shenzhen Dymind Biotechnology Co», Китай). Биохимический анализ сыворотки крови проводили на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T 240 («DiruiIndustrial Co. Ltd», Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия). В ходе балансовых физиологических опытов устанавливали переваримость питательных компонентов рациона по методикам ВНИТИП. Исходя из результатов ежесуточного учета массы помета, производили расчет потерь веществ с установлением усвоенного количества корма. Статистический анализ проводили с использованием программы Microsoft Excel (Microsoft, США). Данные представлены в виде: среднее значение (M) $\pm$ стандартная ошибка среднего (m). Достоверность различий определяли по t-критерию Стьюдента. Достоверными считали результаты при $p \leq 0,05$.

¹URL: <http://цкп-бст.рф>

²Фисинин В.И., Егоров И.А. Современные подходы к кормлению высокопродуктивной птицы // Птица и птицепродукты. 2015. № 3. С. 27–29.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты настоящего исследования свидетельствуют о положительном влиянии органоминеральной добавки на продуктивные показатели цыплят-бройлеров в большей степени в присутствии лактулозы (см. рис. 1). Опытные группы по живой массе превышали показатели контроля. При этом максимальная разница отмечена при скормлинии добавки, содержащей лактулозу. Так, к 14-суточному возрасту живая масса цыплят-бройлеров увеличивается в 1-й группе на 18,6%, во 2-й – на 14,5% относительно контроля. К середине исследования у птиц обеих групп была одинаковая масса и составляла разницу с контролем в 14,6%.

Разница в увеличении живой массы на 35-е и 42-е сутки составляла в 1-й группе 10,7 и 17,9%, во 2-й – 4,4 и 10,8% соответственно по сравнению с контролем. Усиление роста цыплят-бройлеров, получающих лактулозу, может быть связано с повышением потребления корма и улучшением морфофункциональной составляющей кишечника. При этом применение органоминерального рациона обеспечивает положительные изменения в кишечной микрофлоре. Пребиотическая кормовая добавка способствует улучшению переваривания пищи, одновременно

повышая усвояемость питательных веществ. Так, в возрасте 21 сут переваримость сырого жира и протеина увеличивается в 1-й опытной группе на 8,0 и 1,1% соответственно по сравнению с контролем (см. рис. 2). Вероятно, усвояемость питательных веществ в рационах, дополненных лактулозосодержащей добавкой, можно объяснить улучшением состояния кишечника.

Переваримость БЭВ увеличивается в обеих группах с максимальным проявлением в 1-й группе (2,8%). При этом переваримость углеводов, напротив, максимально увеличивается во 2-й группе (3,6%) по сравнению с контролем. Исследования показывают, что вещества с пребиотической природой (инулин, олигофруктоза, лактулоза) могут вызывать стимуляцию *Lactobacillus* spp. и *Bifidobacterium* spp. как представителей «полезных» видов бактерий, при этом улучшается кишечная среда и оптимизируются процессы переваривания и всасывания питательных веществ [4]. Группа растворимых волокон объединена олигосахаридами, которые функционируют как пребиотики, положительно модулирующие кишечную микробиоту [5]. Они являются основными субстратами для роста кишечных микроорганизмов. Их ферментация приводит к подкислению содержимого толстой кишки

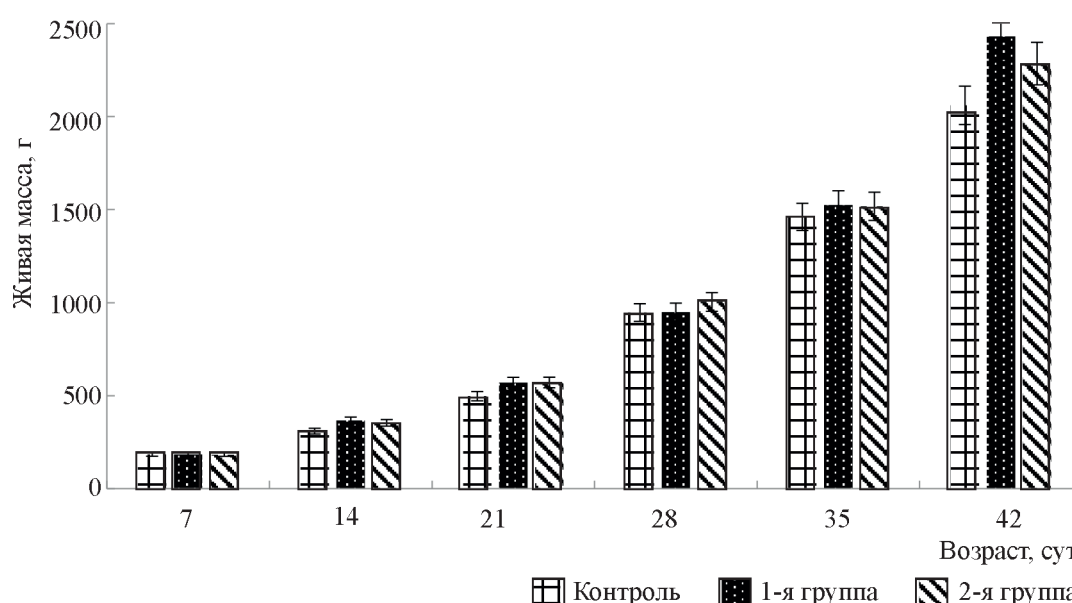


Рис. 1. Динамика живой массы цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 30$).
Fig. 1. Live weight dynamics of broiler chickens “Arbor Aykres” (experiment in vivarium conditions, $M \pm m$, $n = 30$)

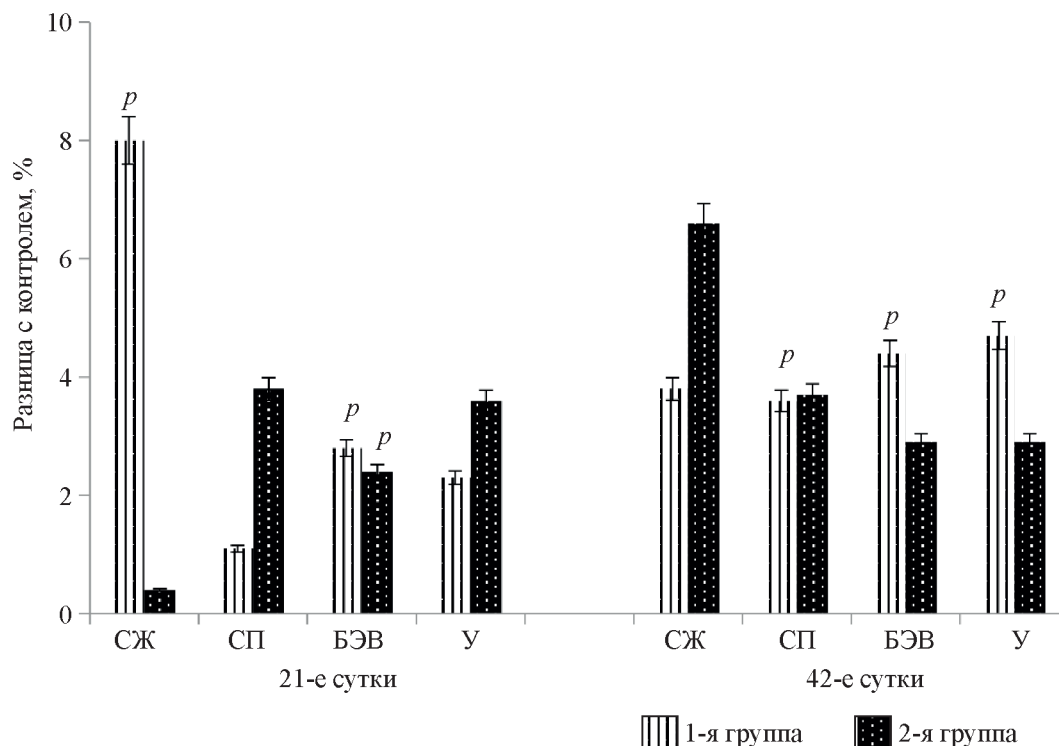


Рис. 2. Разница переваримости питательных веществ в возрасте 21 и 42 сут цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» относительно контроля (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 30$), % (СЖ – сырой жир, СП – сырой протеин, БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества; У – углеводы)

Примечание. p – здесь и на рис. 3–5 – достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

Fig. 2. The difference in the digestibility of nutrients at the age of 21 and 42 days of “Arbor Aykres” broiler chickens relative to the control (experience in vivarium conditions, $M \pm m$, $n = 30$), % (CF – crude fat, CP – crude protein, NFES – nitrogen-free extractive substances; C – carbohydrates)

Note. p – here and in Figs. 3–5 – reliable difference of the experimental groups with the control group ($p \leq 0.05$).

и образованию короткоцепочечных жирных кислот, которые служат «топливом» в различных тканях и могут играть роль в регуляции клеточных процессов. К концу исследований (42 сут) изменяются показатели переваримости всех нутриентов корма (см. рис. 2). Так, в 1-й опытной группе переваримость сырого жира увеличивается на 3,8%, сырого протеина – на 3,6, БЭВ – 4,4, углеводов – 4,7% по сравнению с контролем. Подобный эффект наблюдали и во 2-й опытной группе: переваримость БЭВ и углеводов увеличивается на 2,9%, сырой жир и протеин – на 6,6 и 3,7% соответственно относительно контроля.

Анализ морфологического состава крови показал, что использование кормовой добавки не вносит существенных изменений в концентрацию эритроцитов. Так, его уровень увеличивается на 5,5% в обеих опытных группах на 21-е сутки относительно контро-

ля (см. табл. 1). Возможно, компоненты кормовой добавки в комплексе косвенно способствуют усвоению питательных веществ, необходимых для синтеза эритроцитов [6]. Однако этот же показатель на 42-е сутки опыта снижается на 5% ($p \leq 0,05$) во 2-й опытной группе по сравнению с контролем. Показатель гемоглобина также увеличивается к 21-м суткам во всех опытных группах: 1-й – на 2,6% ($p \leq 0,05$), 2-й – на 3,9% ($p \leq 0,05$) по сравнению с контролем. К концу эксперимента он находится в пределах нормы.

Концентрация лейкоцитов на 42-е сутки эксперимента при внесении лактулозы (1-я группа) остается без изменений, а при исключении ее из рациона (2-я группа) снижается на 8,5% по сравнению с контролем. Изменения в их концентрации свидетельствуют о низкой численности патогенов, приводящих к снижению выработки антител для борьбы с ними [7].

Табл. 1. Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» в возрасте 21 и 42 сут (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 30$).

Table 1. Morphological blood parameters of the “Arbor Aykres” broiler chickens aged 21 and 42 days (experience in vivarium conditions, $M \pm m$, $n = 30$)

Показатель	Контроль	1-я группа	2-я группа
<i>21-е сутки</i>			
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$40,6 \pm 2,59$	$42,9 \pm 3,07$	$40,0 \pm 2,88$
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	$1,8 \pm 0,03$	$1,9 \pm 0,04$	$1,9 \pm 0,08$
Гемоглобин, г/л	$103,6 \pm 1,20$	$106,3 \pm 2,98^*$	$107,6 \pm 1,88^*$
Гематокрит, %	$22,9 \pm 0,20$	$23,4 \pm 0,14^*$	$23,6 \pm 0,32^*$
<i>42-е сутки</i>			
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$40,2 \pm 2,81$	$40,2 \pm 2,81$	$36,8 \pm 1,51$
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	$2,0 \pm 0,02$	$2,0 \pm 0,08$	$1,9 \pm 0,04$
Гемоглобин, г/л	$112,3 \pm 1,01$	$112,3 \pm 3,78$	$106,0 \pm 2,46$
Гематокрит, %	$24,6 \pm 0,78$	$24,6 \pm 0,78^*$	$23,4 \pm 0,51$

*Достоверная разница опытных групп с контрольной группой ($p \leq 0,05$).

Изучение биохимических показателей сыворотки крови в эксперименте показывает наличие колебаний значения показателей в рамках физиологических. Отмечено, что добавление органоминеральной кормовой добавки (1-я группа) повлияло на концентрацию сывороточного белка и альбумина, увеличив их на 1,48 и 3,5% (42-е сутки) соответственно по сравнению с контролем.

Исключение лактулозы из состава кормовой добавки (2-я опытная группа) снижает концентрацию белка на 1,29% на 21-е сутки и на 4,4% ($p \leq 0,05$) на 42-е сутки эксперимента (см. рис. 3).

Широко известно, что общий белок сыворотки крови может отражать отложение белка в организме и, следовательно, скорость роста сельскохозяйственных животных.

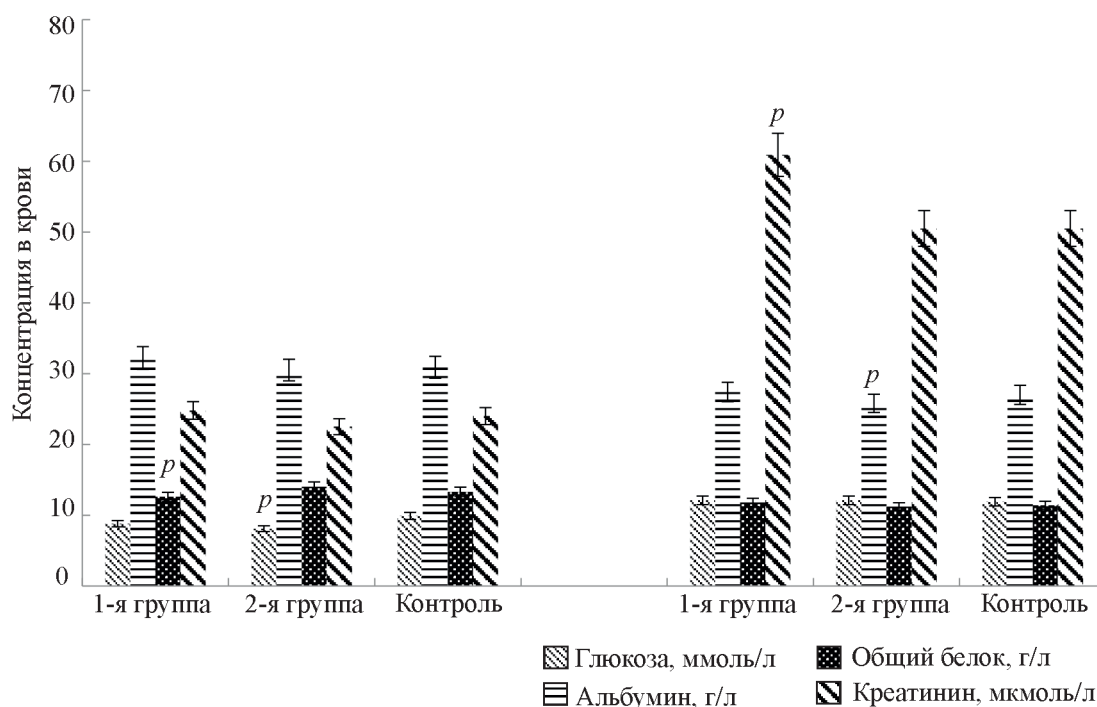


Рис. 3. Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» в возрасте 21 и 42 сут (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 30$)

Fig. 3. Biochemical blood parameters of the “Arbor Aykres” broiler chickens aged 21 and 42 days (experience in vivarium conditions, $M \pm m$, $n = 30$)

Показатель креатинина (42 сут) в 1-й опытной группе увеличивается на 20,59% ($p \leq 0,05$), во 2-й опытной не происходит изменений по сравнению с контролем.

Исследования показали, что применение органоминеральной кормовой добавки в составе рациона влияет на жировой обмен (см. рис. 4). Так, на 21-е сутки эксперимента концентрация триглицеридов и холестерина повышается во всех опытных группах с максимальным проявлением при добавлении лактулозы. На 42-е сутки уровень триглицеридов также повышается в 1-й и 2-й группах на 33,3%, а холестерина – на 7,1 и 10,7% в 1-й и 2-й группах соответственно по сравнению с контролем.

В целом, как показывает ряд исследований, на фоне приема пробиотиков рост лактобактерий усиливается параллельно с их способностью ассимилировать холестерин в присутствии желчи, при этом его содержание в крови цыплят-бройлеров снижается. К тому же, некоторые микроорганизмы, присутствующие в желудочно-кишечном тракте, могут использовать холестерин для собственного метаболизма, таким образом увеличивая всасывание количества холестерина. В наших исследованиях отмечена тенденция к увеличению содержания холестерина и триглицеридов в сыворотке крови.

Использование растворимых волокон, олигосахаридов, которые функционируют как пребиотики, положительно влияет на кишечную микробиоту [8]. При этом доказана роль кишечной микробиоты в развитии гиперлипидемии. Использование пребиотиков, пробиотиков показало эффективность при коррекции подобных состояний [9]. Таким образом, применение пре- и пробиотических веществ может изменять уровень липидов крови вовлечением нескольких механизмов: трансформацией микробиоты и ее метаболитов, снижением усвояемости жиров.

Показатели минерального обмена изменяются в ходе эксперимента (см. рис. 5). Содержание Са в сыворотке крови 1-й группы на 21-е сутки эксперимента снижалось на 0,95%, а на 42-е сутки, напротив, увеличивалось на 3,7% по сравнению с контролем. Уровень Mg также повышается на 21-е (11,2%) и 42-е сутки (1,3%) исследования.

Уровень P снижается в 1-й опытной группе на протяжении всего исследования, а во 2-й – сначала увеличивается (21-е сутки) на 6,19% ($p \leq 0,05$), затем снижается (42-е сутки) на 16,6% ($p \leq 0,05$) относительно контроля.

Содержание Fe к 21-м суткам было выше в 1-й опытной группе на 5,1%, а во 2-й – на 22,4% ниже, чем в контроле. К концу экс-

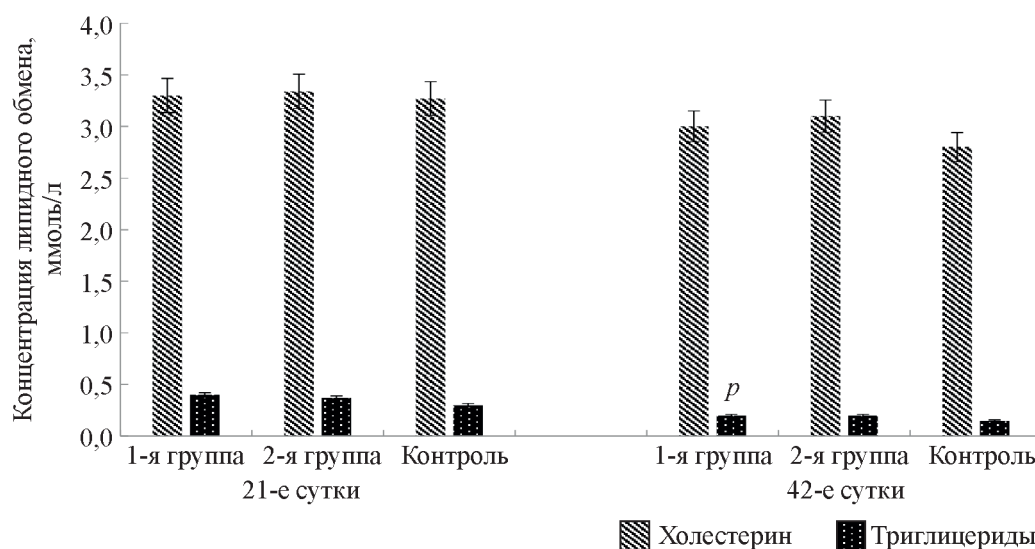


Рис. 4. Показатели липидного обмена сыворотки крови цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» в возрасте 21 и 42 сут (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 30$), ммоль/л

Fig. 4. Some indicators of lipid metabolism of the “Arbor Aykres” broiler chickens blood serum aged 21 and 42 days (experience in vivarium conditions, $M \pm m$, $n = 30$), mmol/l

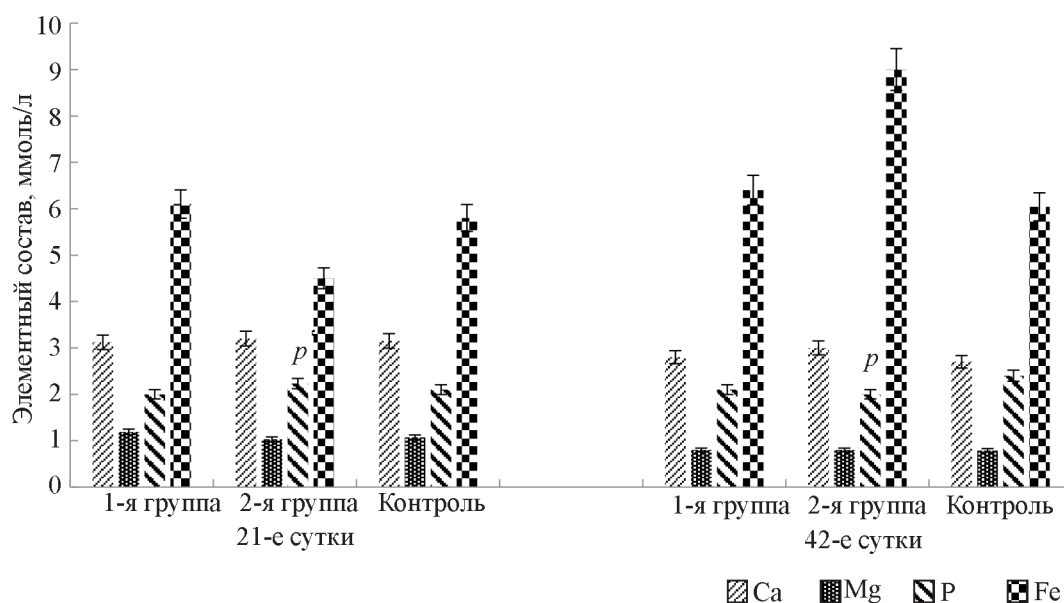


Рис. 5. Элементный состав сыворотки крови цыплят-бройлеров «Арбор Айкрес» в возрасте 21 и 42 сут (опыт в условиях вивария, $M \pm m$, $n = 30$)

Fig. 5. Elemental composition of the “Arbor Aykres” broiler chickens blood serum of aged 21 and 42 days (experience in vivarium conditions, $M \pm m$, $n = 30$)

Табл. 2. Экономическая эффективность по оценке продуктивного действия органоминерального комплекса

Table 2. Economic efficiency in assessing the productive action of the organomineral complex

Показатель	Вариант	
	Комплексная добавка	Комплексная добавка без лактулозы
Количество птицы, гол.	90	90
Среднесуточный прирост, г	45,2	45,2
Живая масса 1 гол., г	2285	2431
Сохранность, %	100	100
Срок выращивания, сут	42	42
Расход корма на 1 гол., кг	2,54	2,9
Расход корма на 1 кг прироста, кг	1,69	1,75
Убойная масса:		
1 гол., г	2285	2431
общий, кг	205,2	218,7
Убойный выход потрошеной тушки, %	70,9	77,8
Масса потрошеной тушки, г	1758	1893
Получено потрошеного мяса, кг	158,22	170,3
Производственные затраты, всего, р.	14 118	15 574
Себестоимость 1 кг мяса, р.	74,7	77,25
Средняя реализационная цена 1 кг мяса с субпродуктами, р.	160	160
Общая выручка от реализации, р.	30 240	32 256
Прибыль от реализации мяса и субпродуктов, р.	16 121	16 681
Рентабельность, %	14,1	7,1

перимента отмечено заметное повышение уровня Fe во всех опытных группах – 5,9 и 49,01% соответственно по сравнению с контрольной группой.

Анализ производственных расчетов бройлерного производства демонстрирует эффективность предложенного решения, в частности при включении комплексной добавки расход корма на 1 кг прироста снизился на 12,4% (см. табл. 2). Включение органоминерального комплекса в рацион бройлеров сопровождается снижением себестоимости 1 кг мяса на 2,55 р., что повлекло за собой увеличение экономической эффективности в 7%.

Таким образом, проведенные исследования доказали экономическую эффективность включения в рацион цыплят-бройлеров органоминерального комплекса с 7-суточного возраста. Выявленная комбинация является эффективным источником повышения продуктивности цыплят-бройлеров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование в кормлении цыплят-бройлеров органоминеральной кормовой добавки является перспективным подходом. Рацион, содержащий лактулозу, положительно влияет на переваримость питательных веществ, изменяя ее к концу исследований в диапазоне 3,8–4,7% по сравнению с контролем. В эксперименте лактулоза оказывает благоприятное воздействие на здоровье и продуктивность птицы, усиливая прирост живой массы к концу исследования на 17,9%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябцева С.А., Храмцов А.Г., Будкевич Р.О., Анисимов Г.С., Чукло А.О., Шпак М.А. Физиологические эффекты, механизмы действия и применение лактулозы // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 2. С. 5–20. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10012.
2. Fisinin V., Miroshnikov S., Sizova E., Ushakov A., Miroshnikova E. Metal particles as trace-element sources: current state and future prospects // *Worlds Poultry Science Journal*. 2018. Vol. 74 (3). P. 523–540. DOI: 10.1017/S0043933918000491.

3. Mustafina A.S., Sizova E.A., Mustafin R.Z., Ivani-shcheva A.P., Rakhmatullin S.G. Effect of different doses of silicon dioxide on the concentration of organic acids in the broilers liver // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk. 2021. P. 32008. DOI: 10.1088/1755-1315/839/3/032008.
4. Ricke S.C., Lee S.I., Kim S.A., Park S.H., Shi Z. Prebiotics and the poultry gastrointestinal tract microbiome // *Poultry Science*. 2020. Vol. 99. P. 670–677. DOI: 10.1016/j.psj.2019.12.018.
5. Tejeda O.J., Kim W.K. Role of Dietary Fiber in Poultry Nutrition // *Animals (Basel)*. 2021. Vol. 11(2). P. 461. DOI: 10.3390/ani11020461.
6. Hidayat M.N., Malaka R., Agustina L., Pakiding W. Effect of probiotic *Lactobacillus paracasei* on hematology and relative weight of lymphoid organs of broiler // *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 492 (1). P. 012127. DOI: 10.1088/1755-1315/492/1/012127.
7. Oduguwa O.O. Utilization of whole pods of *Albizia salmon* in diets of growing rabbits // *Nigerian Journal of Animal Production* 2021. Vol. 33 (2). P. 197–202. DOI: 10.51791/njap.v33i2.925.
8. Mahmood T., Guo Y. Dietary fiber and chicken microbiome interaction: Where will it lead to? // *Animal nutrition*. 2020. Vol. 6(1). P. 1–8. DOI: 10.1016/j.aninu.2019.11.004.
9. Jia X., Xu W., Zhang L., Li X., Wang R., Wu S. Impact of Gut Microbiota and Microbiota-Related Metabolites on Hyperlipidemia // *Front Cell Infect Microbiol*. 2021. Vol. 11. P. 634780. DOI: 10.3389/fcimb.2021.634780.

REFERENCES

1. Ryabtseva S.A., Khramtsov A.G., Budkevich R.O., Anisimov G.S., Shchuko A.O., Shpak M.A. Physiological effects, mechanisms of action and application of lactulose. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*, 2020, vol. 89, no. 2, pp. 5–20. (In Russian). DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10012.
2. Fisinin V., Miroshnikov S., Sizova E., Ushakov A., Miroshnikova E. Metal particles as trace-element sources: current state and future prospects. *Worlds Poultry Science Journal*, 2018. vol. 74 (3), pp. 523–540. DOI: 10.1017/S0043933918000491.

3. Mustafina A.S., Sizova E.A., Mustafin R.Z., Ivanishcheva A.P., Rakhmatullin S.G. Effect of different doses of silicon dioxide on the concentration of organic acids in the broilers liver. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk*. 2021, p. 32008. DOI: 10.1088/1755-1315/839/3/032008.
4. Ricke S.C., Lee S.I., Kim S.A., Park S.H., Shi Z. Prebiotics and the poultry gastrointestinal tract microbiome. *Poultry Science*, 2020, vol. 99, pp. 670–677. DOI: 10.1016/j.psj.2019.12.018.
5. Tejeda O.J., Kim W.K. Role of Dietary Fiber in Poultry Nutrition. *Animals (Basel)*, 2021, vol. 11 (2), p. 461. DOI: 10.3390/ani11020461.
6. Hidayat M.N., Malaka R., Agustina L., Pakiding W. Effect of probiotic *Lactobacillus paracasei* on hematology and relative weight of lymphoid organs of broiler. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 492 (1), p. 012127. DOI: 10.1088/1755-1315/492/1/012127.
7. Oduguwa O.O. Utilization of whole pods of *Albizia salmon* in diets of growing rabbits. *Nigerian Journal of Animal Production*. 2021, vol. 33 (2), p. 197–202. DOI: 10.51791/njap.v33i2.925.
8. Mahmood T., Guo Y. Dietary fiber and chicken microbiome interaction: Where will it lead to? *Animal nutrition*, 2020, vol. 6 (1), pp. 1–8. DOI: 10.1016/j.aninu.2019.11.004.
9. Jia X., Xu W., Zhang L., Li X., Wang R., Wu S. Impact of Gut Microbiota and Microbiota-Related Metabolites on Hyperlipidemia. *Front Cell Infect Microbiol.*, 2021, vol. 11, p. 634780. DOI: 10.3389/fcimb.2021.634780.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Иванищева А.П.**, аспирант, специалист-техник, **адрес для переписки:** Россия, 460000, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29; e-mail: nessi255@mail.ru

Сизова Е.А., доктор биологических наук, руководитель центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве»

Камирова А.М., кандидат биологических наук, научный сотрудник

Мусабаева Л.Л., соискатель

AUTHOR INFORMATION

✉ **Anastasia P. Ivanishcheva**, Post-graduate Student, Specialist-technician; **address:** 29, January 9 St., Orenburg, Orenburg Region, 460000, Russia; e-mail: nessi255@mail.ru

Elena A. Sizova, Doctor of Science in Biology, Head of the Center «Nanotechnology in Agriculture»

Ayna M. Kamirova, Candidate of Science in Biology, Researcher

Lera L. Musabaeva, PhD student

Дата поступления статьи / Received by the editors 10.05.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 19.07.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023

ОСОБЕННОСТИ ПОДБОРА МИКРООРГАНИЗМОВ В СОСТАВ НОВОГО ПРОБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

✉ Функ И.А., Отт Е.Ф.

Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий

Барнаул, Россия

✉ e-mail: funk.irishka@mail.ru

В настоящее время все большую популярность набирает идея здорового питания, что обуславливает интерес со стороны потребителей к экологически чистым и биологически полноценным продуктам животноводства. В связи с этим разработка пробиотических препаратов для сельскохозяйственных животных и определение эффективности их использования становятся актуальными задачами. Важными этапами при создании новых биопрепаратов являются изучение и подбор наиболее подходящих штаммов, так как пробиотический эффект входящих в состав закваски микроорганизмов определяется набором технологически ценных свойств, которыми они обладают. В процессе исследования были изучены технологически ценные свойства 12 штаммов лактобацилл и 15 штаммов пропионово-кислых бактерий из Сибирской коллекции микроорганизмов (лаборатория микробиологии молока и молочных продуктов, Сибирский научно-исследовательский институт сыроделия, ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий») с целью включения их в состав нового пробиотического препарата для сельскохозяйственных животных. Установлено, что все рассматриваемые штаммы молочнокислых палочек активно сбраживали углеводы, входящие в состав растительных субстратов, а также сохраняли свою численность не ниже терапевтически значимого уровня в течение 60 сут. Пропионово-кислые бактерии продуцировали от $0,48 \pm 0,01$ до $0,64 \pm 0,06$ мкг/см³ витамина В₁₂ и сохраняли свою жизнеспособность в количестве десятков миллионов клеток на протяжении 6 мес. В результате по наилучшему проявлению технологически ценных свойств было отобрано два штамма молочнокислых палочек (СКМ-673, СКМ-681) и три штамма пропионово-кислых бактерий (11₁, 11₂, 149) как перспективных для включения в состав нового пробиотического препарата для сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: пробиотические микроорганизмы, технологически ценные свойства, активность кислотообразования, ферментативная активность, сохранность

FEATURES OF SELECTION OF MICROORGANISMS IN THE COMPOSITION OF A NEW PROBIOTIC DRUG FOR FARM ANIMALS

✉ Funk I.A., Ott E.F.

Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies

Barnaul, Russia

✉ e-mail: funk.irishka@mail.ru

Nowadays, the idea of healthy eating is gaining popularity, which makes consumers interested in environmentally friendly and biologically nutritious animal products. In this regard, the development of probiotic preparations for farm animals and determination of the effectiveness of their use become urgent tasks. Important stages in the creation of new biopreparations are the study and selection of the most suitable strains, as the probiotic effect of the microorganisms included in the inoculum is determined by a set of technologically valuable properties they possess. In the course of the study, technologically valuable properties of 12 strains of lactobacilli and 15 strains of propionic acid bacteria from the Siberian Collection of Microorganisms (Laboratory of Microbiology of Milk and Dairy Products, Siberian Research Institute of Cheesemaking, FSBSI "Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies") were studied in order to include them in the composition of a new probiotic preparation for farm animals. It was found that all the considered strains of lactic acid bacilli actively digested carbohydrates included in the composition of plant substrates, as well as maintained their abundance not below the therapeutically significant level for 60 days. Propionic acid bacteria produced $0.48 \pm$

0.01 to $0.64 \pm 0.06 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ of vitamin B₁₂ and remained viable in numbers of tens of millions of cells for 6 months. As a result, two strains of lactic acid bacilli (SCM 673, SCM 681) and three strains of propionic acid bacteria (11₁, 11₂, 149) were selected according to the best manifestation of technologically valuable properties as promising for inclusion in the composition of a new probiotic preparation for farm animals.

Keywords: probiotic microorganisms, technologically valuable properties, acid formation activity, enzymatic activity, preservation

Для цитирования: Функ И.А., Отт Е.Ф. Особенности подбора микроорганизмов в состав нового пробиотического препарата для сельскохозяйственных животных // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 85–91. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-10>

For citation: Funk I.A., Ott E.F. Features of selection of microorganisms in the composition of a new probiotic drug for farm animals. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 85–91. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-10>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации закономерно повышаются гигиенические требования к продуктам животноводства, что приводит к увеличению спроса на биологически активные препараты, в частности пробиотики, рассматривающиеся как альтернатива кормовым антибиотикам.

В результате многочисленных опытов, проведенных отечественными и зарубежными исследователями, доказано, что использование пробиотиков в рационе сельскохозяйственных животных способствует лучшему перевариванию и усвоению питательных и биологически активных веществ, нормализации метаболических процессов и повышению общей резистентности организма. В результате комплексного действия пробиотических препаратов на организм животного повышается выход сельскохозяйственной продукции и улучшается ее качество [1, 2].

Терапевтические свойства пробиотических препаратов обусловлены качественным составом микрофлоры и количественным содержанием микроорганизмов. Как правило, микроорганизмы, проявляющие пробиотические свойства, относятся к представителям родов *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Propionibacterium*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Escherichia*, *Pediococcus*, а также дрожжам *Saccharomyces*, которые обеспечивают стабилизацию микрофлоры, восстанавливают

ее нарушенный баланс и стимулируют иммуннологическую функцию слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта [3].

В свою очередь, пробиотический эффект микроорганизмов определяется набором технологически ценных свойств, которыми они обладают, что важно учитывать при подборе штаммов-пробиотиков для новых биопрепаратов. Считается, что молочнокислые и пропионово-кислые бактерии – наиболее перспективные культуры для включения в состав пробиотических препаратов для сельскохозяйственных животных. Так, молочнокислые бактерии, в частности лактобациллы, способны образовывать антибиотикоподобные вещества и продуцировать органические кислоты, что служит основным механизмом проявления ими антагонистической активности в отношении условно-патогенной и патогенной микрофлоры желудочно-кишечного тракта [4]. Пропионово-кислые бактерии обладают уникальными биохимическими свойствами. Они способны продуцировать пропионовую, уксусную кислоты, супероксиддисмутазу, каталазу, а также витамин B₁₂, который очень важен для организма человека и животных [5, 6].

Однако стоит отметить, что указанные выше свойства лактобацилл и пропионово-кислых бактерий могут проявляться в большей или меньшей степени у разных штаммов микроорганизмов.

Таким образом, подбор и включение пробиотических микроорганизмов в состав разрабатываемых биопрепаратов на основе изучения их технологически ценных свойств являются важным этапом при создании по-настоящему качественных пробиотиков, что и стало целью данного исследования.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучить активность кислотообразования, ферментативную активность, а также сохранность коллекционных культур лактобацилл.

2. Оценить ферментативную активность пропионово-кислых бактерий, их способность к продуцированию витамина B₁₂ и динамику численности в процессе хранения.

3. На основе анализа степени проявления технологически ценных свойств отобрать штаммы пропионово-кислых бактерий и лактобацилл для включения их в состав нового биопрепарата для сельскохозяйственных животных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для подбора штаммов пробиотических микроорганизмов в состав разрабатываемого биопрепарата в 2018–2022 гг. было изучено 12 культур молочнокислых палочек (*Lactobacillus* spp.) и 15 культур пропионово-кислых бактерий из Сибирской коллекции микроорганизмов. Исследования проводили на базе лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов и лаборатории прикладной биотехнологии Сибирского научно-исследовательского института сыроделия, входящего в состав ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» (Россия, г. Барнаул).

Основные технологически ценные свойства исследуемых культур были изучены с применением стандартных методов микро-

биологического и биохимического анализа. Активную кислотность молочнокислых палочек определяли потенциометрически согласно ГОСТ Р 53359–2009¹. Способность сбраживать углеводы как у молочнокислых палочек, так и у пропионово-кислых бактерий определяли качественно на жидкой питательной среде Гисса согласно общепринятой методике. Результаты оценивали по изменению окраски питательной среды с углеводами. Продуцирование витамина B₁₂ пропионово-кислыми бактериями определяли количественно в рамках диффузионного метода и с применением тест-организма *Escherichia coli* 113-3 DSM 1900 (ФГБНУ «Государственный научно-исследовательский институт генетики и селекции промышленных микроорганизмов»)² [7]. Количество молочнокислых палочек и пропионово-кислых бактерий в процессе хранения определяли по ГОСТ 10444.11–2013³ и ГОСТ Р 56139–2014⁴.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из положительных свойств лактобактерий является продуцирование молочной кислоты и других органических кислот, что способствует подавлению посторонней микрофлоры желудочно-кишечного тракта и созданию оптимальных условий для нормального развития остальных представителей симбионтной микрофлоры [8].

Исходя из этого, в процессе работы была изучена активность кислотообразования 12 штаммов молочнокислых палочек (*Lactobacillus plantarum*). Результаты исследований представлены в табл. 1.

В ходе опыта было установлено, что через 8 ч культивирования признаки роста отмечены у всех исследуемых штаммов. Активная кислотность культуральной жидкости варьировала от $5,68 \pm 0,24$ до $4,09 \pm 0,11$ ед. pH. Изменение pH наблюдалось в течение 4 сут

¹ГОСТ Р 53359–2009. Молоко и продукты переработки молока. Метод определения pH. М.: Стандартинформ, 2009. 11 с.

²Егорова Н.С. Практикум по микробиологии: учеб. пособие. М.: Издательство Московского государственного университета, 1976. 307 с.

³ГОСТ 10444.11–2013 (ISO 15214:1998). Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов. М.: Стандартинформ, 2014. 22 с.

⁴ГОСТ Р 56139–2014. Продукты пищевые функциональные. Методы определения и подсчета пробиотических микроорганизмов. М.: Стандартинформ, 2015. 32 с.

Табл. 1. Активная кислотность исследуемых штаммов *L. plantarum* ($\mu\text{pH} \pm \text{pH}$)
Table 1. Active acidity of the studied *L. plantarum* strains ($\mu\text{pH} \pm \text{pH}$)

№ п/п	Индекс штамма	Показатели активной кислотности в течение 10 сут, ед.								
		4 ч	8 ч	1 сут	2 сут	3 сут	4 сут	5 сут	7 сут	10 сут
1	СКМ-646	5,87 ± 0,27	5,38 ± 0,17	3,66 ± 0,11	3,41 ± 0,08	3,34 ± 0,05	3,28 ± 0,05	3,29 ± 0,12	3,29 ± 0,09	3,28 ± 0,15
2	СКМ-651	5,95 ± 0,19	5,53 ± 0,24	3,73 ± 0,03	3,34 ± 0,05	3,25 ± 0,03	3,17 ± 0,03	3,17 ± 0,03	3,14 ± 0,05	3,13 ± 0,08
3	СКМ-656	5,51 ± 0,03	4,46 ± 0,03	3,49 ± 0,05	3,33 ± 0,05	3,30 ± 0,05	3,29 ± 0,12	3,28 ± 0,05	3,27 ± 0,05	3,27 ± 0,03
4	СКМ-667	5,95 ± 0,24	5,51 ± 0,88	4,03 ± 0,24	3,74 ± 0,24	3,51 ± 0,03	3,52 ± 0,19	3,47 ± 0,13	3,48 ± 0,13	3,49 ± 0,05
5	СКМ-668	5,86 ± 0,21	5,33 ± 0,77	3,93 ± 0,24	3,58 ± 0,08	3,53 ± 0,29	3,44 ± 0,13	3,43 ± 0,27	3,43 ± 0,11	3,42 ± 0,08
6	СКМ-669	4,86 ± 0,03	4,09 ± 0,11	3,47 ± 0,03	3,36 ± 0,02	3,31 ± 0,02	3,31 ± 0,03	3,31 ± 0,03	3,30 ± 0,12	3,32 ± 0,02
7	СКМ-671	5,07 ± 0,55	4,43 ± 0,82	3,71 ± 0,55	3,44 ± 0,03	3,44 ± 0,03	3,45 ± 0,14	3,46 ± 0,02	3,44 ± 0,05	3,45 ± 0,10
8	СКМ-673	5,91 ± 0,08	5,68 ± 0,24	4,26 ± 0,88	3,68 ± 0,11	3,59 ± 0,38	3,58 ± 0,28	3,58 ± 0,45	3,59 ± 1,2	3,59 ± 0,4
9	СКМ-681	5,26 ± 0,12	4,22 ± 0,11	3,43 ± 0,05	3,3 ± 0,02	3,26 ± 0,12	3,25 ± 0,12	3,26 ± 0,12	3,25 ± 0,03	3,25 ± 0,05
10	СКМ-683	5,84 ± 0,05	5,0 ± 0,68	3,42 ± 0,03	3,22 ± 0,11	3,15 ± 0,27	3,13 ± 0,24	3,11 ± 0,24	3,10 ± 0,27	3,12 ± 0,27
11	СКМ-690	5,68 ± 0,93	5,34 ± 0,91	4,09 ± 0,23	3,82 ± 0,24	3,85 ± 0,27	3,75 ± 0,27	3,77 ± 0,29	3,76 ± 0,23	3,77 ± 0,19
12	СКМ-694	4,84 ± 0,30	4,14 ± 0,13	3,54 ± 0,03	3,48 ± 0,02	3,47 ± 0,03	3,48 ± 0,05	3,49 ± 0,03	3,47 ± 0,05	3,49 ± 0,06

культивирования. С 5-х по 10-е сутки происходило незначительное изменение активной кислотности. Максимальное кислотообразование находилось на уровне $3,77 \pm 0,19$ – $3,12 \pm 0,27$ ед. pH.

Таким образом, из 12 исследуемых культур *L. plantarum* наилучшее кислотообразование было отмечено у 50% штаммов молочнокислых палочек (СКМ-646, СКМ-651, СКМ-656, СКМ-669, СКМ-681, СКМ-683).

При подборе лактобацилл в состав пробиотиков для сельскохозяйственных животных отдается предпочтение штаммам, которые ферментируют углеводы, присутствующие в растительном субстрате [9]. Такое свойство микроорганизмов позволяет более рационально и эффективно использовать корма. Поэтому в ходе работы было важно изучить молочнокислые палочки *L. plantarum* с точки зрения их способности сбраживать углеводы, содержащиеся в растительных субстратах. Данные по ферментативной активности лактобацилл приведены в табл. 2.

Результаты, представленные в табл. 2, показывают, что все исследуемые штаммы молочнокислых палочек обладали сравнительно высокой способностью сбраживать углеводы. Так, арабинозу сбраживали 66,7% штаммов, крахмал – 58,3, раффинозу – 33,3, маннозу, сахарозу и целлобиозу – 100%. Наиболее высокая ферментативная активность отмечена у штаммов СКМ-651, СКМ-669, СКМ-673 и СКМ-681.

В свою очередь, в процессе изучения ферментативной активности пропионово-кислых бактерий установлено, что исследуемые штаммы сравнительно слабо сбраживают углеводы, встречающиеся в растительных субстратах, так как они относятся к классическим (молочным) видам пропионово-кислых бактерий. Так, арабинозу ферментировали 33,3% штаммов, крахмал – 6,7, маннозу – 66,7, раффинозу – 13,3%, сахарозу и целлобиозу не сбродили все рассматриваемые штаммы. Однако стоит отметить, что сравнительно низкая ферментативная активность пропионово-кислых бактерий в отношении углеводов, содержащихся в растительных субстратах, не снижает важности включения

Табл. 2. Ферментирование углеводов молочнокислыми палочками *L. plantarum*

Table 2. Fermentation of carbohydrates with lactic acid sticks of *L. plantarum*

№ п/п	Индекс штамма	Ферментируемые углеводы					
		арабиноза	крахмал	манноза	раффиноза	сахароза	целлобиоза
1	СКМ-646	+	+	+	—	+	+
2	СКМ-651	—	+	+	+	+	+
3	СКМ-656	—	+	+	—	+	+
4	СКМ-667	+	—	+	—	+	+
5	СКМ-668	—	+	+	—	+	+
6	СКМ-669	+	+	+	+	+	+
7	СКМ-671	+	—	+	—	+	+
8	СКМ-673	+	—	+	+	+	+
9	СКМ-681	+	—	+	+	+	+
10	СКМ-683	—	+	+	—	+	+
11	СКМ-690	+	+	+	—	+	+
12	СКМ-694	+	—	+	—	+	+

Примечание. «+» — изменение окраски питательной среды (положительный результат); «—» — отсутствие изменения окраски питательной среды (отрицательный результат).

их в состав разрабатываемых пробиотиков, так как одним из самых важных их свойств является способность активно синтезировать витамин В₁₂. Этот витамин обладает высокой биологической активностью и выполняет ряд жизненно важных функций в организме человека и животных. Витамин В₁₂ в тканях животных не образуется, а синтезируется лишь микрофлорой желудочно-кишечного тракта. Потребность организма в данном витамине только за счет микробного синтеза не всегда обеспечивается полностью, поэтому дополнительное его количество должно поступать извне [10]. Указанный факт необходимо учитывать при подборе пропионово-кислых бактерий в состав разрабатываемых биопрепаратов.

При проведении исследования было изучено 15 штаммов пропионово-кислых бактерий на способность продуцировать витамин В₁₂. Результаты опыта отражены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что все изучаемые штаммы пропионово-кислых бактерий обладают способностью синтезировать витамин В₁₂, что обосновывает целесообразность включения данной группы микроорганизмов в состав пробиотических препаратов. Продуцирование витамина находилось на уровне 0,48 ± 0,01–0,64 ± 0,06 мкг/см³.

Содержание пробиотических микроорганизмов в биологически активных препаратах

Табл. 3. Продуцирование витамина В₁₂ пропионово-кислыми бактериями

Table 3. Production of vitamin В₁₂ by propionic acid bacteria

№ п/п	Индекс штамма	Количество витамина В ₁₂ , мкг/см ³
1	АМ-1 ²	0,48 ± 0,01
2	АМ-1 ¹	0,50 ± 0,02
3	11 ₁	0,60 ± 0,01
4	149	0,58 ± 0,05
5	Х ₃	0,57 ± 0,03
6	11 ₂	0,64 ± 0,06
7	Б-3	0,37 ± 0,01
8	Б-2	0,53 ± 0,07
9	М ₁ ²	0,56 ± 0,05
10	БМ-3 ²	0,50 ± 0,03
11	БМ-2 ¹	0,51 ± 0,02
12	АМ-3 ¹	0,45 ± 0,04
13	АМ-3 ²	0,45 ± 0,02
14	12 ¹	0,57 ± 0,06
15	12 ²	0,50 ± 0,02

обуславливает их терапевтические свойства. Исходя из этого, при разработке биопрепаратов важно учитывать способность микроорганизмов сохранять свою численность при хранении.

Проведенные исследования показали, что численность клеток пропионово-кислых бактерий в течение 6 мес хранения оставалась

на уровне не ниже терапевтически значимого (не менее 10^6 КОЕ/см³) и через 180 сут составляла десятки миллионов клеток в 1 мл.

В свою очередь, все изучаемые штаммы молочнокислых палочек на протяжении 60 сут хранения также оставались на уровне не ниже $1,0 \times 10^6$ КОЕ/см³. Исходная численность лактобацилл варьировала от $7,21 \pm 0,20 \times 10^8$ до $5,85 \pm 0,21 \times 10^8$ КОЕ/см³. Количество молочнокислых палочек через 20 сут хранения составило сотни миллионов клеток в 1 мл, с 30-х по 60-е сутки численность снизилась до десятков миллионов клеток и через 60 сут находилась на уровне $3,60 \pm 0,15 \times 10^7$ – $1,56 \pm 0,11 \times 10^7$ КОЕ/см³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, изученные штаммы молочнокислых палочек показали высокие технологически ценные свойства, что подтверждено активным сбраживанием углеводов, содержащихся в растительных субстратах, и сохранением жизнеспособных бактериальных клеток в течение 60 сут. Пропионово-кислые бактерии проявляли сравнительно низкую ферментативную активность в отношении углеводов, встречающихся в растительных субстратах, но обладали высокой биологической активностью: могли продуцировать от 0,48 до 0,64 мкг/см³ витамина B₁₂ и сохранять численность бактериальных клеток не ниже терапевтически значимого уровня в течение 180 сут. С учетом технологически ценных свойств молочнокислых палочек и пропионово-кислых бактерий в качестве наиболее перспективных культур для включения в состав разрабатываемого биопрепарата для сельскохозяйственных животных можно отметить два штамма лактобацилл (СКМ-673, СКМ-681) и три штамма пропионово-кислых бактерий (11₁, 11₂ и 149).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнова Ю.М., Литонова А.С., Платонова А.В. Эффективность использования пробиотиков в кормлении дойных коров // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 9. С. 145–151. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-145-151.
2. Ковалева О.В., Костомахин Н.М., Кармацких Ю.А. Пробиотики – перспективное направление в животноводстве // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019. № 1. С. 3–10.
3. Казарян Р.В., Бородихин А.С., Лукьяненко М.В., Ачмиз А.Д., Матвиенко А.Н. Перспективные направления применения пробиотиков для создания полифункциональных кормовых добавок // Новые технологии. 2018. № 2. С. 116–121.
4. Гнеушева И.А., Солохина И.Ю. Биологические свойства гомопробиотических изолятов лактобактерий – перспективных продуцентов пробиотических препаратов // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2021. Т. 24. № 7. С. 10–17. DOI: 10.29296/25877313-2021-07-02.
5. Орлова Т.Н., Отт Е.Ф. Возможность использования пропионово-кислых бактерий в рационах сельскохозяйственных животных и птиц в качестве источника витамина B₁₂ // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8 (178). С. 135–138.
6. Хаева О.Э., Икоева Л.П., Цугжиев Б.Г. Идентификация и основные биологические свойства пропионово-кислых бактерий // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2019. Т. 5 (71). № 3. С. 148–154.
7. Орлова Т. Изучение биологической активности пропионово-кислых бактерий // The Scientific Heritage. 2021. № 79. С. 31–33.
8. Боровкова Е.А., Алиева Е.В., Фролова Т.В. Изучение биологических свойств и пробиотического потенциала кишечных лактобацилл // Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal). 2019. Т. 4. № 1. С. 124–132. DOI: 10.29413/ABS.2019-4.1.19.
9. Отт Е.Ф., Орлова Т.Н., Функ И.А., Дорофеев Р.В. Изучение региональных штаммов лактобацилл и введение их в состав бактериальной закваски для биоконсервирования кормов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (188). С. 132–137.
10. Piwowarek K., Lipinska E., Hacz-Szymanczuk E. *Propionibacterium* spp. – source of propionic acid, vitamin B₁₂ and other metabolites important for the industry // Applied Microbiology and Biotechnology. 2018. Vol. 102 (2). P. 515–538.

REFERENCES

1. Smirnova Yu.M., Litonova A.S., Platonova A.V. The efficiency of probiotics use in feeding dairy cows. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KrasSAU*, 2020, no. 9, pp. 145–151. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-145-151.
2. Kovaleva O.V., Kostomahin N.M., Karma-ckih Yu.A. Probiotics are a promising direction in animal husbandry. *Kormlenie sel'skhozaystvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo = Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*, 2019, no. 1, pp. 3–10. (In Russian).
3. Kazaryan R.V., Borodihin A.S., Luk'yanenko M.V., Achmiz A.D., Matvienko A.N. Prospective trends for the use of probiotics for the creation of polyfunctional feed additives. *Novye tekhnologii = New technologies*, 2018, no. 2, pp. 116–121. (In Russian).
4. Gneusheva I.A., Solohina I.Yu. Biological properties of homoprobiotic isolates of lactobacteria – promising producers of probiotic preparations. *Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii = Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*, 2021, vol. 24, no. 7, pp. 10–17. (In Russian). DOI: 10.29296/25877313-2021-07-02.
5. Orlova T.N., Ott E.F. The possibility of using propionic acid bacteria in the diets of farm animals and birds as a source of vitamin B₁₂. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2019, no. 8 (178), pp. 135–138. (In Russian).
6. Haeva O.E., Ikoeva L.P., Cugkiev B.G. Identification and basic biological properties of propionic acid bacteria. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Himiya = Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, 2019, vol. 5 (71), no. 3, pp. 148–154. (In Russian).
7. Orlova T. Study of the biological activity of propionic acid bacteria. *The Scientific Heritage = The Scientific Heritage*, 2021, no. 79, pp. 31–33. (In Russian).
8. Borovkova E.A., Alieva E.V., Frolova T.V. Study of biological properties and probiotic potential of intestinal lactobacilli. *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal) = Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*, 2019, vol. 4, no. 1, pp. 124–132. (In Russian). DOI: 10.29413/ABS.2019-4.1.19.
9. Ott E.F., Orlova T.N., Funk I.A., Dorofeev R.V. Study of regional strains of lactobacilli and their introduction into the bacterial starter culture for bioconservation of feed. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2020, no. 6 (188), pp. 132–137. (In Russian).
10. Piwowarek K., Lipinska E., Hac-Szymanczuk E. *Propionibacterium* spp. – source of propionic acid, vitamin B₁₂ and other metabolites important for the industry. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2018, no. 102 (2), pp. 515–538.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Функ И.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 656910, г. Барнаул, Научный городок, 35; e-mail: funk.irishka@mail.ru

Отт Е.Ф., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Irina A. Funk**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; **address:** 35, Nauchnyy gorodok, Barnaul, 656910, Russia; e-mail: funk.irishka@mail.ru

Ekaterina F. Ott, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 07.04.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 15.05.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023

МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ КЛОСТРИДИАЛЬНОЙ ИНФЕКЦИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Безбородова Н.А., Томских О.Г., (✉) Кожуховская В.В., Порываева А.П., Сажаев И.М.

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук

Екатеринбург, Россия

(✉) e-mail: Tetramegon@yandex.ru

Представлены обзор опубликованных материалов зарубежных и отечественных ученых, анализ результатов собственных исследований по проблеме клостридиозов крупного рогатого скота. Отражена современная этиологическая структура клостридиозов на территории Российской Федерации в соответствии с данными Центра ветеринарии (Москва). Описан видовой состав бактерий рода *Clostridium*, вызывающих заболевания у крупного рогатого скота, более чем в 17 регионах нашей страны. Приведены данные о видовом разнообразии клостридий и вакцинации против ЭМКР поголовья крупного рогатого скота в Уральском регионе. Представлена актуальная информация об иммунобиологических препаратах против клостридиозов крупного рогатого скота, официально внесенных в Государственный реестр лекарственных средств для ветеринарного применения в России. Освещены вопросы иммуногенности вакцин и эффективности их применения на поголовье крупного рогатого скота в зависимости от различных факторов. Приведены сравнительные данные применения отечественных и зарубежных вакцин в ветеринарной практике на сельхозпредприятиях, достоинства и недостатки используемых препаратов. Рассмотрены современные российские иммунобиологические лекарственные средства против клостридиозов крупного рогатого скота. Кратко описаны основные меры профилактики по каждому инфекционному заболеванию, вызываемому клостридиями.

Ключевые слова: вакцинация, иммунизация, вакцина, специфическая профилактика, клостридии, анаэробы, крупный рогатый скот, *Clostridium*, сельскохозяйственные организации

PREVENTION METHODS FOR CLOSTRIDIAL INFECTION OF CATTLE ON THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Bezborodova N.A., Tomskikh O.G., (✉) Kozhuhovskaya V.V., Poryvaeva A.P., Sazhaev I.M.

Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre – Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Ekaterinburg, Russia

(✉) e-mail: Tetramegon@yandex.ru

This article presents a review of the literature data of foreign and domestic scientists, as well as an analysis of the results of our own research on the problem of clostridial infections in cattle. This paper provides insight into current etiological structure of clostridiosis in the Russian Federation in accordance with the data of the Federal State Budgetary Institution “Center for Veterinary Medicine”. The species composition of bacteria of the genus *Clostridium*, which causes diseases in cattle in more than 17 regions of Russia, is described. Moreover, data on the *Clostridia* species diversity in the Ural region and information on vaccination against blackleg of cattle bred in the Sverdlovsk region are presented. The issues of immunogenicity of vaccines and the effectiveness of their use in cattle, depending on various factors, are highlighted. Up-to-date information on immunobiological preparations against clostridial diseases in cattle officially included in the register of medicinal products of the Russian Federation is presented. The advantages and disadvantages of domestic and foreign vaccines used in veterinary practice are analyzed. A review of current data in the field of new developments of Russian immunobiological agents against clostridial infections in cattle is presented. Comparative data on the use of domestic and foreign vaccines in veterinary practice at agricultural organizations are given. In a brief form, the main preventive measures for each infectious disease caused by clostridia are described.

Keywords: vaccination, immunization, vaccine, specific prophylaxis, clostridia, anaerobes, cattle, *Clostridium*, agricultural organizations

Для цитирования: Безбородова Н.А., Томских О.Г., Кожуховская В.В., Порываева А.П., Сажаяев И.М. Методы профилактики клостридиальной инфекции крупного рогатого скота на территории Российской Федерации // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 92–100. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-11>

For citation: Bezborodova N.A., Tomskikh O.G., Kozhuhovskaya V.V., Poryvaeva A.P., Sazhaev I.M. Prevention methods for clostridial infection of cattle on the territory of the Russian Federation. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 92–100. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа проведена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 0532-2021-0007 «Изучение структуры антигенного пейзажа возбудителей эмерджентных инфекций сельскохозяйственных животных, биологических особенностей механизмов их взаимодействия с макроорганизмом».

Acknowledgements

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation № 0532-2021-0007 “Study of the structure of the antigenic landscape of causative agents of emergent infections of farm animals, biological features of the mechanisms of their interaction with the macroorganism”.

Клостридиозы – болезни теплокровных животных, вызываемые анаэробными спорообразующими микроорганизмами рода *Clostridium*. Данный род состоит из 250 видов бактерий. Выделяемые клостридиями экзотоксины вызывают поражение желудочно-кишечного тракта, мягких тканей и нервной системы различной степени тяжести [1, 2]. Для крупного рогатого скота (КРС) эпизоотически и диагностически важными являются следующие клостридиальные инфекции: эмфизематозный карбункул (ЭМКАР), анаэробная энтеротоксемия, злокачественный отек, столбняк, геморрагический энтерит, некротический гепатит и энтерит [3]. Указанные инфекции вызывают патогенные анаэробные бактерии *C. perfringens*, *C. difficile*, *C. tetani*, *C. chauvoei*, *C. septicum*, *C. novyi* [3–5].

По данным Центра ветеринарии (Москва), ежегодно фиксируются единичные случаи клостридиозов животных [3]. В стадах КРС чаще диагностируют такие клостридиальные заболевания, как злокачественный отек и анаэробная энтеротоксемия, реже – ЭМКАР. Столбняк за последние 10 лет не был обнаружен ни разу. Согласно статистическим данным мониторинга за 2007–2017 гг., в

указанный период уровень заболевания клостридиозными инфекциями КРС постоянно снижался. Например, число заболевших анаэробной энтеротоксемией уменьшилось на 88,3%, ЭМКАР – на 95,2, злокачественным отеком – на 70,0% [6]. Стоит отметить, что официальные данные не всегда отражают текущую ситуацию по заболеваемости¹ [3, 5].

А.В. Капустин с соавт. провели обследование 32 хозяйств из 16 регионов Российской Федерации. Было изучено 2913 проб биоматериала от 983 коров и 119 телят различного возраста² [3, 6]. В анализируемых образцах чаще всего выявляли *C. septicum* (34,5%), *C. perfringens* типа А (23,25) и *C. perfringens* типа С (14,25%). При моноинфекциях выявляли *C. perfringens* типа D и *C. sordellii* (6,5%), *C. novyi* (2,5%). Единично обнаружены *C. tetani*, *C. sporogenes*, *C. bifermentans*, *C. baratii*, *C. tertiu*, *C. hastiforme*, *C. difficile*, *C. innocuum*, *C. histolyticum* (см. сноску 2).

Также отечественными учеными было определено видовое разнообразие патогенов рода *Clostridium* в Московской, Тюменской, Рязанской, Курской, Иркутской, Нижегородской, Кировской, Тверской, Белгородской, Псковской, Саратовской, Самарской, Челябинской областях и в Республике Мордовия: изоляты

¹Глотова Т.И., Терентьева Т.Е., Глов А.Г. Возбудители и возрастная восприимчивость крупного рогатого скота к клостридиозам // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. № 1 (254). С. 90–96.

²Дементьева М.С., Крысенко Ю.Г. Сравнительная экономическая эффективность схем иммунопрофилактики клостридиозов крупного рогатого скота // Научные разработки и инновации в решении стратегических задач агропромышленного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Ижевск, 15–18 февраля 2022 г.). Ижевск: Издательство Ижевской государственной сельскохозяйственной академии, 2022. С. 149–153.

C. perfringens, *C. septicum*, *C. sporogenes* занимают доминирующее положение, *C. difficile*, *C. butyricum*, *C. bifermentans* встречаются единично [4, 7].

По данным Департамента ветеринарии Свердловской области, при проведении эпизоотологического мониторинга в 2007–2021 гг. было зарегистрировано десять вспышек ЭМКАР на пяти сельхозпредприятиях, расположенных на территории Красноуфимского, Белоярского, Артинского и Невьянского районов. Кроме того, в тот же период зафиксировано 13 случаев злокачественного отека на четырех сельхозпредприятиях Новоуральского городского округа, Таборинского, Красноуфимского и Ачитского районов.

В 2020–2022 гг. с использованием молекулярно-генетических методов нами проведены диагностические исследования биопроб от КРС из 12 животноводческих предприятий, расположенных в Свердловской области. В пробах фекалий, в гомогенатах из патматериала от погибших телят и коров, в образцах молока были выявлены геномы ДНК *C. difficile* и *C. perfringens* в 76,2% случаев. Суммарная доля регистрации генома *C. difficile* в биопробах составляла 56,2%, генома *C. perfringens* – 45,0%, при этом в 25,0% случаев геномы *C. difficile* и *C. perfringens* обнаруживали совместно. Установлено, что выявленные *C. difficile* в 48,0% случаев обладали токсигенностью, в 16,2% случаев не имели полного патогенного локуса. Основным токсинотипом *C. difficile* был CDT (41,0%), токсинотип В зафиксирован у 6,0% клостридий, токсинотип А – у 1,0%. Один раз у *C. difficile* выявлены гены вирулентности, отвечающие за продукцию токсинов А, В и CDT. В 2020 г. по результатам комплексных лабораторных исследований был подтвержден диагноз «инфекционная анаэробная энтеротоксемия телят», этиологическим агентом которой служили патогенные бактерии *C. perfringens* и *C. difficile* токсинотипа В. Также установлено, что причиной гибели коров стала острая кишечная инфекция, вызванная ассоциа-

цией возбудителей *C. perfringens* и *C. difficile* типа CDT [8, 9].

Российскими и зарубежными учеными, а также практическими специалистами доказано, что ненадлежащий контроль за зоогигиеническим и зоосанитарным состоянием, отсутствие вакцинации и дезинфекции являются одними из основных причин вспышек клостридиальной инфекции на животноводческих предприятиях (см. сноску 1) [4, 10, 11]. Во всем мире для защиты животных от этих болезней применяется широкий спектр клостридиальных анатоксинов, бактерианатоксинов или цельнокультуральных вакцин. Например, в стадах КРС специфическая профилактика *C. chauvoei* началась еще в 1930 г. и продолжает выполняться до сих пор в неблагополучных по ЭМКАР регионах [2]. Такая концепция плановой ежегодной вакцинации поголовья дала хороший результат, в связи с чем в настоящее время возникают лишь единичные спорадические случаи заболевания [12].

По данным Департамента ветеринарии Свердловской области, в регионе с каждым годом возрастает количество вакцинированных против ЭМКАР животных. Если в 2015 г. доля вакцинированного поголовья составляла менее 10,0% от общего числа КРС в области, то в 2022 г. данный показатель увеличился до 73,0% (см. табл. 1).

Поливалентные вакцины против клостридиозов КРС, овец и коз начали применяться с 1950 г. (см. сноску 2) [3, 12]. До 2009 г. в России ассоциированные вакцины для профилактики клостридиальной инфекции КРС не выпускались. На отечественном рынке иммунобиологических препаратов для животных были представлены вакцина против ЭМКАР и столбнячный анатоксин³. Вакцина против ЭМКАР, разработанная С.Н. Муромцевым (1931 г.) и модернизированная Ф.И. Каган и Я.Р. Коваленко (1965 г.), содержала инактивированную концентрированную бактериальную массу *C. chauvoei*, адсорбированную на геле гидрата окиси алюминия [3]. Столб-

³Попова А.С., Алексеева И.Г. Диагностика клостридиозов у крупного рогатого скота // Современные тенденции развития ветеринарной науки и практики: материалы Нац. (Всерос.) науч.-практ. конф. (Омск, 26 октября 2021 г.). Омск: Издательство Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, 2021. С. 43–46.

Табл. 1. Динамика вакцинации против ЭМКАР крупного рогатого скота, разводимого на территории Свердловской области

Table 1. Dynamics of vaccination against blackleg in cattle bred in the Sverdlovsk region

Год	Поголовье, гол.	Вакцинировано	
		гол.	%
2015	232 734	23 207	9,9
2016	227 314	123 875	54,5
2017	225 678	112 996	50,1
2018	228 917	131 401	57,4
2019	218 837	139 002	63,5
2020	222 784	173 853	78,0
2021	211 353	180 960	85,6
2022	220 199	161 075	73,0

нячный анатоксин содержит инактивированный формалином, осажденный и сорбированный на алюмокалиевых квасцах токсин *C. tetani* [4, 8]. Профилактика злокачественных отеков, некротического гепатита, анаэробной энтеротоксемии была невозможна из-за отсутствия препаратов⁴. В настоящее время в Государственный реестр лекарственных средств для ветеринарного применения, зарегистрированных в Российской Федерации, официально внесено 15 вакцин против клостридиозов сельскохозяйственных животных, которые выпускают десять отечественных и пять зарубежных производителей (см. табл. 2).

Иммуногенность и действенность вакцин зависят от многих моментов – от количества и качества выращенных микроорганизмов, антигена, иммуностимуляторов, адъюванта, консервантов, технологии изготовления, схемы применения, защитных свойств организма животного [11, 13]. При вакцинации против опасных клостридиозов очень важно отслеживать следующие критерии: верификация дозы препарата, интенсивность иммунного ответа макроорганизма, длительность сохранения протективного иммунитета после проведения вакцинации и ревакцина-

ции (см. сноску 2). Поскольку всевозможные виды клостридий являются возбудителями различных инфекционных заболеваний, считается, что при проведении профилактических мероприятий в животноводческих хозяйствах эффективнее использовать ассоциированные и поливалентные вакцины [5, 10].

В настоящее время на российском рынке наиболее доступные клостридиальные вакцины представляют собой комбинированные препараты против нескольких клостридиальных видов, часто включающие анатоксины, полученные из нескольких токсинотипов *C. perfringens*: токсинотипы С и D почти всегда включаются производителями в состав клостридиальных вакцин, тогда как токсинотипы А и Е вводятся в композиции комбинированных препаратов значительно реже. Кроме того, в вакцинах обычно присутствуют анатоксины нескольких других видов клостридий: *C. chauvoei*, *C. novyi*, *C. sordellii*, *C. septicum*, *C. tetani*. Исследователи утверждают, что системного иммунитета, выработанного к *C. perfringens* типа А, достаточно для защиты от ассоциированных кишечных заболеваний. Так как *C. perfringens* является кишечным патогеном, с учетом местной активности его токсинов предполагается, что IgA слизистых оболочек играет более важную роль, чем IgG сыворотки, в защите от некрогеморрагического энтерита КРС⁵ [1, 14].

Высокая генетическая изменчивость клостридий зачастую делает некоторые вакцины низкоэффективными. Часть выпускаемых вакцин не содержит часто выявляемых видов клостридий, например *C. sordellii*, которая вызывает у животных газовую гангрену. Поэтому при разработке плана противоэпизоотических мероприятий на животноводческих предприятиях и выборе вакцин необходимо проведение комплексных лабораторных исследований биоматериала от животных для определения видовой принадлежности и токсинотипа клостридий [15].

⁴Капустин А.В., Лаишевцев А.И., Скляров О.Д., Абросимова Н.С. Разработка метода контроля иммуногенной активности ассоциированной вакцины против клостридиозов крупного рогатого скота // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. Т. 63. № 3. С. 170–175.

⁵Шкуратова И.А., Шилова Е.Н., Соколова О.В. Ветеринарно-санитарные аспекты профилактики болезней молодняка крупного рогатого скота в современных промышленных комплексах // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2017. № 12. С. 51–54.

Табл. 2. Иммунобиологические лекарственные средства против клостридиозов сельскохозяйственных животных

Table 2. Immunobiological drugs against clostridiosis of farm animals

№ п/п	Наименование лекарственного препарата, производитель	Компоненты, входящие в состав вакцины
1	2	3
<i>Вакцины, изготовленные из культур клеток</i>		
1	Концентрированная поливалентная гидроокисью алюминия вакцина против бродзота, инфекционной энтеротоксемии, злокачественного отека овец и дизентерии ягнят (ФКП «Армавирская биофабрика», Россия)	Инактивированные формалином культуры вакцинных штаммов <i>C. septicum</i> , <i>C. oedematis</i> , <i>C. perfringens</i> типов В, С, D
2	Вакцина против эмфизематозного карбункула крупного рогатого скота и овец инактивированная (ФКП «Армавирская биофабрика», Россия)	Инактивированные формалином концентрированные культуры вирулентного штамма <i>C. chauvoei</i> R-15
3	Ван Шот Ультра 8 (One Shot Ultra 8). Вакцина для профилактики клостридиозов и пастереллеза крупного рогатого скота инактивированная (Zoetis, США)	1) культуры бактерий <i>Manheimia (Pasteurella) haemolytica</i> (штамм NL 1009), инактивированные формалином 2) культуры бактерий <i>C. chauvoei</i> (штамм F), <i>C. septicum</i> (штамм А), <i>C. haemolyticum</i> (штамм IRP135), <i>C. novyi</i> (штамм 8296), <i>C. sordelli</i> (штамм 5918), <i>C. perfringens</i> (тип С, штамм PC8), <i>C. perfringens</i> (тип D, штамм 317), инактивированные формалином
4	ЭМКАР. Вакцина против эмфизематозного карбункула крупного рогатого скота и овец (ФКП «Ставропольская биофабрика», Россия)	Культуры штамма <i>C. chauvoei</i> R-15, инактивированные формалином
5	Вакцина против клостридиозов животных. Поливалентная концентрированная вакцина против бродзота, инфекционной энтеротоксемии, злокачественного отека и дизентерии животных (ООО «Агровет», Россия)	Культуры вакцинных штаммов <i>C. septicum</i> , <i>C. novyi</i> , <i>C. perfringens</i> типов В, С, D, инактивированные формалином
6	Формолвакцина против эмфизематозного карбункула крупного рогатого скота и овец концентрированная гидроокисью алюминия (ФКП «Армавирская биофабрика», Россия)	Культуры штамма <i>C. chauvoei</i> R-15, инактивированные формалином
<i>Вакцины, изготовленные из анатоксинов и культур клеток</i>		
7	Коглавакс (Coglavax). Вакцина против клостридиозов крупного рогатого скота и овец поливалентная инактивированная (Ceva-Phylaxia Veterinary Biologicals Company, Венгрия)	Альфа-анатоксин <i>C. perfringens</i> типа А, бета-анатоксин <i>C. perfringens</i> типа С, эпсилон-анатоксин <i>C. perfringens</i> типа D, анатоксин <i>C. septicum</i> , анатоксин <i>C. novyi</i> типа В, анатоксин <i>C. tetani</i> , анакультура <i>C. chauvoei</i>
8	Эквилис Преквенза Те (Equilis Prequenza Te). Вакцина для профилактики гриппа и столбняка лошадей (Intervet International, Нидерланды)	Культуральная жидкость культуры клеток СПФ-эмбрионов кур, зараженных рекомбинантным вирусом оспы канареек (штамм vCP2242), экспрессирующий ген гемагглютинирина вируса гриппа A/equi-2/Ohio/03[H ₃ N ₂] и штамм vCP 1533, экспрессирующий ген гемагглютинирина вируса гриппа A/equi-2/Newmarket/2/93[H ₃ N ₂] и очищенного анатоксина <i>C. tetani</i> (30 ME)
9	Вакцина против гриппа и столбняка лошадей инактивированная (ФКП «Курская биофабрика», Россия)	Столбнячный токсин и культуральная жидкость перевиваемой линии клеток MDCK, инфицированной вирусом гриппа лошадей
10	Антокс. Поливалентный анатоксин против клостридиозов овец инактивированный (ФКП «Ставропольская биофабрика», Россия)	Смесь токсинов штаммов <i>C. perfringens</i> типов В (С) и D, <i>C. oedematis</i> и бактериальных клеток штамма <i>C. septicum</i> , инактивированных формалином
11	Клостбовакс 8. Вакцина против клостридиозов овец и крупного рогатого скота поливалентная инактивированная (ООО «Ветбиохимия», Россия)	Инактивированные культуры штаммов <i>C. chauvoei</i> и <i>C. septicum</i> , анатоксинов <i>C. novyi (oedematis)</i> типа В, <i>C. perfringens</i> типов А, С, D, <i>C. tetani</i>

Окончание табл. 2

1	2	3
12	Токсипра плюс (Toxipra plus). Вакцина против энтеротоксемии, эмфизематозного карбункула и столбняка инактивированная (Laboratorios Hirpa, Испания)	Бета- и эpsilon-токсоиды <i>C. perfringens</i> типов В, С и D, альфа-токсоиды <i>C. novyi</i> типа В, альфа-токсоиды <i>C. septicum</i> , анакультуры <i>C. chauvoei</i> , токсоиды <i>C. tetani</i>
13	Пастанарм-8. Вакцина против пастереллеза и клостридиозов жвачных ассоциированная поливалентная инактивированная (ФКП «Армавирская биофабрика», Россия)	Смесь инактивированных формалином анатоксинов, культур бактерий <i>Clostridium</i> и <i>Mannheimia</i> (<i>Pasteurella</i>) <i>haemolytica</i>
14	Антокс-9. Вакцина против клостридиозов сельскохозяйственных животных инактивированная (ФКП «Ставропольская биофабрика», Россия)	Культуры клеток <i>C. chauvoei</i> , <i>C. septicum</i> , анатоксинов <i>C. novyi</i> (<i>oedematiens</i>) типов А и В, <i>C. perfringens</i> типов А, С (В) и D, <i>C. sordellii</i> , <i>C. tetani</i> , инактивированные формалином
15	Куболак (Cubolac). Вакцина против клостридиозов крупного рогатого скота и овец поливалентная инактивированная (CZ Vaccines, Испания)	Культуры клеток <i>C. chauvoei</i> , альфа-, бета- и эpsilon-анатоксинов <i>C. perfringens</i> типов А, С, D, анатоксинов <i>C. septicum</i> , <i>C. novyi</i> типа В, <i>C. sordellii</i> , инактивированные формальдегидом

Исследования по разработке и усовершенствованию вакцин против клостридиозов сельскохозяйственных животных продолжают. Проводятся испытания новых препаратов в условиях клинических исследований, результаты публикуются в открытой печати для всестороннего ознакомления с научными разработками ветеринарных специалистов-практиков. Например, А.В. Данилюк с соавт. (см. сноску 2) разработали и внедрили первую отечественную вакцину против клостридиозов КРС и овец, создающую напряженный иммунитет против *C. perfringens* типов А, В, С, D, *C. chauvoei*, *C. tetani*, *C. novyi*, *C. septicum* продолжительностью не менее 12 мес. А.В. Капустин с соавт. [12] создали поливалентную инактивированную вакцину против ЭМКП для КРС и овец, которая позволяет не только получить напряженный поствакцинальный иммунитет у лабораторных животных, но и увеличить его продолжительность от 7 до 12 мес (у давно применяемой в практике вакцины поствакцинальный иммунитет сохраняется лишь 6 мес). Кроме того, учеными-разработчиками постоянно публикуются данные по сравнительному анализу иммуногенной активности образцов вакцин отечественного и зарубежного производства, что позволяет ветеринарным специалистам выбирать для своих животноводческих предприятий наиболее эффективные препараты [2, 13, 16].

Основным методологическим подходом в контроле за болезнями, обусловленными бактериями рода *Clostridium*, служит профилактика, которая состоит из трех ключевых звеньев: 1) индивидуальные программы биозащиты от клостридиозов в каждом хозяйстве; 2) планомерная и своевременная вакцинация поголовья; 3) строгое соблюдение зоосанитарных и зоогигиенических правил на сельскохозяйственном предприятии [10].

Действенной мерой против клостридиозов сельскохозяйственных животных является вакцинация поголовья. Например, профилактическая вакцинация против ЭМКП проводится после достижения телятами 3-месячного возраста и до 4 лет. Существуют два вида вакцин – живая (ревакцинация 1 раз в год) и инактивированная (ревакцинация 2 раза в год). При локальной эпидемии в поголовье КРС внепланово вакцинируют всех животных. Переболевшие особи сохраняют напряженный иммунитет (телята до 3 мес, коровы и быки до 4 лет) [8].

В процессе профилактических мероприятий против злокачественного отека используют поливалентный анатоксин. При заражении животных патогенными *C. perfringens* рекомендуют применять антибактериальные препараты. Помещения, в которых находились больные животные, обрабатывают дезинфицирующими галогеносодержащими препаратами. Утилизацию павших животных

проводят в соответствии с требованиями и правилами ветеринарно-санитарного надзора [9].

Основными мерами профилактики ботулизма у КРС являются строгое соблюдение правил заготовки и хранения кормов и кормового сырья, а также постоянный контроль за зоосанитарным состоянием помещений, кормового стола и поилок. При вспышках ботулизма в хозяйствах рекомендуется применение антиботулиновой сыворотки [4, 12]. В период вспышки заболевания из рациона исключают корма животного происхождения, не прошедшие термическую обработку.

Основой профилактики столбняка является предупреждение травматизма на сельскохозяйственных предприятиях. При травмировании животным оказывается первая помощь с соблюдением требований асептики и антисептики. При больших раневых повреждениях (особенно в области конечностей), при тяжелых родах и ожоговых поражениях кожных покровов с целью профилактики столбняка не позже 12 ч вводят антитоксическую противостолбнячную сыворотку. В хозяйствах, где одновременно регистрируют несколько случаев заболевания животных столбняком, рекомендуется активно иммунизировать все поголовье анатоксином [3, 9].

Основу профилактики анаэробной энтеротоксемии телят составляют выпаивание качественным молозивом, полноценное кормление стельных коров, иммунизация взрослого скота и телят (с 2–4-недельного возраста) против клостридиозов с соблюдением всех ветеринарно-санитарных и зоогиgienических правил по содержанию и уходу. Практикующие ветеринарные специалисты рекомендуют сразу после рождения теленка применять антитоксическую сыворотку для создания пассивного искусственного иммунитета [2, 13, 15].

Для борьбы с опасными клостридиозами также необходимы систематическая дезинфекция помещений, уничтожение трупов павших животных, проверка кормов на наличие в них споровых форм клостридий [3]. Одним из наиболее важных мероприятий, ведущих к предотвращению возникновения кло-

стридиозов, является специфическая профилактика. Вакцины и другие альтернативные продукты могут помочь свести к минимуму потребность в антибиотиках, предотвращая и контролируя инфекционные заболевания в популяции, что имеет решающее значение для будущего успеха животноводства (см. сноску 5) [3, 5, 9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Безбородова Н.А.* Современный подход к проблеме клостридиозов в животноводстве: отбор проб, лабораторная диагностика, профилактика // *Российский журнал. Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии.* 2020. № 3 (35). С. 392–402.
2. *Пудовкин Д.Н.* Профилактика клостридиозов крупного рогатого скота: комплексные и комплементарные решения // *Молочное и мясное скотоводство.* 2019. № 5. С. 38–39.
3. *Нечипуренко О.О.* Опасность клостридиоза у коров // *Наше сельское хозяйство.* 2020. № 6 (230). С. 50–53.
4. *Hu W.S., Woo D.U., Kang Y.J., Koo O.K.* Biofilm and Spore Formation of *Clostridium perfringens* and Its Resistance to Disinfectant and Oxidative Stress // *Antibiotics (Basel).* 2021. N 10 (4). P. 396.
5. *Popoff M.R.* Tetanus in animals // *Journal Veterinary Diagnostic Investigation.* 2020. N 32 (2). P. 184–191.
6. *Николаева И.В., Шестакова И.В., Муртазина Г.Х.* Современные стратегии диагностики и лечения *Clostridium difficile*-инфекции (обзор литературы) // *Acta Biomedica Scientifica.* 2018. Т. 3. № 1. С. 34–42.
7. *Пулотов Ф.Х., Девришов Д.А.* Сравнительная иммуногенная активность вакцины против клостридиозов животных // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология.* 2019. № 3. С. 43–48.
8. *Безбородова Н.А., Шилова Н.Е., Соколова О.В., Кожуховская В.В., Порываева А.П.* Обнаружение и идентификация лабораторными методами бактериальных патогенов рода *Clostridium*, выявленных у крупного рогатого скота на территории Уральского региона // *Российский журнал. Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии.* 2022. № 1 (41). С. 83–92.
9. *Данилюк А.В., Капустин А.В.* Распространенность и видовое разнообразие клостридий – возбудителей анаэробных инфекций круп-

ного рогатого скота // Труды Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной ветеринарии им. Я.П. Коваленко. 2019. Т. 81. С. 19–26.

10. Редкозубова Л. Уберечь скот от клостридиоза // Животноводство России. 2018. № 5. С. 55–57.
11. Hoelzer K., Bielke L., Blake D.P., Cox E. Vaccines as alternatives to antibiotics for food producing animals. Part 1: challenges and needs // *Veterinary Research*. 2018. N 49 (1). P. 64.
12. Abdolmohammadi Khiav L., Zahmatkesh A. Vaccination against pathogenic clostridia in animals: a review // *Tropical Animal Health and Production*. 2021. N 53 (2). P. 284.
13. Bowe B.K., Wentz T.G., Gregg B.M., Tepp W.H. Genomic Diversity, Competition, and Toxin Production by Group I and II *Clostridium botulinum* Strains Used in Food Challenge Studies // *Microorganisms*. 2022. N 23. P. 1895.
14. Крамер Ю.Н., Пименов Н.В. Специфическая профилактика анаэробной энтеротоксемии телят: протективные свойства поливалентного анатоксина *Clostridium perfringens* // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2020. № 3. С. 52–56.
15. Пулотов Ф.Х., Девришов Д.А., Исмаев И.А. Совершенствование технологии изготовления поливалентной вакцины против клостридиозов животных // Проблемы биологии продуктивных животных. 2020. № 1. С. 34–43.
16. Зубарева В.Д., Соколова О.В., Безбородова Н.А., Шкуратова И.А., Кривоногова А.С., Бытов М.В. Молекулярные механизмы и генетические детерминанты устойчивости к антибактериальным препаратам у микроорганизмов (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 2. С. 237–256.
3. Nechipurenko O.O. Danger of clostridiosis in cows. *Nashe sel'skoe hozyaystvo = Our Agriculture*, 2020, no. 6 (230), pp. 50–53. (In Russian).
4. Hu W.S., Woo D.U., Kang Y.J., Koo O.K. Biofilm and Spore Formation of *Clostridium perfringens* and Its Resistance to Disinfectant and Oxidative Stress. *Antibiotics (Basel)*, 2021, no. 10 (4), p. 396.
5. Popoff M.R. Tetanus in animals. *Journal Veterinary Diagnostic Investigation*, 2020, no. 32 (2), pp. 184–191.
6. Nikolaeva I.V., Shestakova I.V., Murtazina G.Kh. Current strategies for diagnosis and treatment of *Clostridium difficile*-infection (literature review). *Acta Biomedica Scientifica = Acta Biomedica Scientifica*, 2018, vol. 3, no. 1, pp. 34–42. (In Russian).
7. Pulotov F.Kh., Devrishov D.A. Comparative immunogenic activity of the vaccine against animal clostridiosis. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya = Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*, 2019, no. 3, pp. 43–48. (In Russian).
8. Bezborodova N.A., Shilova N.E., Sokolova O.V., Kozhukhovskaya V.V., Poryvaeva A.P. Detection and identification by laboratory methods of bacterial pathogens of the genus *Clostridium* detected in cattle in the Ural region. *Rossiyskiy zhurnal. Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ekologii = The Russian journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology"*, 2022, no. 1 (41), pp. 83–92. (In Russian).
9. Danilyuk A.V., Kapustin A.V. The prevalence and species diversity of clostridia – the causative agents of anaerobic infections in cattle. *Trudy Vserossiyskogo NII eksperimental'noy veterinarii im. Ya.R. Kovalenko = Proceedings of the All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Science named after Ya.R. Kovalenko*, 2019, vol. 81, pp. 19–26. (In Russian).
10. Redkozubova L. Saving cattle from clostridiosis. *Zhivotnovodstvo Rossii = Animal Husbandry of Russia*, 2018, no. 5, pp. 55–57. (In Russian).
11. Hoelzer K., Bielke L., Blake D.P., Cox E. Vaccines as alternatives to antibiotics for food producing animals. Part 1: challenges and needs. *Veterinary Research*, 2018, no. 49 (1), p. 64.
12. Abdolmohammadi Khiav L., Zahmatkesh A. Vaccination against pathogenic clostridia in animals: a review. *Tropical Animal Health and Production*, 2021, no. 53 (2), p. 284.

REFERENCES

1. Bezborodova N.A. Modern approach to the problem of clostridiosis in animal husbandry: sampling, laboratory diagnostics, prevention. *Rossiyskiy zhurnal. Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ekologii = The Russian journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology"*, 2020, no. 3 (35), pp. 392–402. (In Russian).
2. Pudovkin D.N. Prevention of clostridiosis in cattle – complex and complementary solutions. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Dairy and Beef Cattle Farming*, 2019, no. 5, pp. 38–39. (In Russian).

13. Bowe B.K., Wentz T.G., Gregg B.M., Tepp W.H. Genomic Diversity, Competition, and Toxin Production by Group I and II *Clostridium botulinum* Strains Used in Food Challenge Studies. *Microorganisms*, 2022, no. 23, p. 1895.
14. Kramer Yu.N., Pimenov N.V. Specific prophylaxis of calf anaerobic enterotoxemia in calves: protective properties of the polyvalent toxoid *Clostridium perfringens*. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya = Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*, 2020, no. 3, pp. 52–56. (In Russian).
15. Pulotov F.Kh., Devrishov D.A., Ismatov I.A. Improving production technology of polyvalent vaccine against clostridiosis of animals. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh = Problems of productive animal biology*, 2020, no. 1, pp. 34–43. (In Russian).
16. Zubareva V.D., Sokolova O.V., Bezborodova N.A., Shkuratova I.A., Krivonogova A.S., Bytov M.V. Molecular mechanisms and genetic determinants of resistance to antibacterial drugs in microorganisms (review). *Sel'skhozvaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2022, vol. 57, no. 2, pp. 237–256. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Безбородова Н.А., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

Томских О.Г., кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

✉ **Кожуховская В.В.**, младший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 620142, г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112а; e-mail: Tetramegon@yandex.ru

Порываева А.П., доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник

Сажаяев И.М., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Natalya A. Bezborodova, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher

Oksana G. Tomskikh, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher

✉ **Veronika V. Kozhukhovskaya**, Junior Researcher; **address:** 112a, Belinsky St., Yekaterinburg, 620142, Russia; e-mail: Tetramegon@yandex.ru

Antonina P. Poryvaeva, Doctor of Science in Biology, Lead Researcher

Ivan M. Sazhaev, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 13.02.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 05.06.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-12>

УДК: 664.05

Тип статьи: обзорная

Type of article: review

РОЛЬ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК В СОЗДАНИИ ПОЛНОЦЕННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

✉ Углов В.А., Инербаева А.Т., Бородай Е.В.

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

✉ e-mail: borodajelena@yandex.ru

Обобщены результаты анализа патентной, научно-технической информации и данные собственных исследований о перспективных биологически активных добавках: арабиногалактане, дигидрокверцетине, полисахаридах, биоактивированном зерне пшеницы. Сырьем для производства арабиногалактана и дигидрокверцетина служит преимущественно лиственница сибирская (*Lárix sibíríca*) семейства сосновых Pinaceae. Разработаны эффективные экономичные технологии выделения их из древесины лиственницы. Приведены основные профилактические или лечебно-профилактические свойства арабиногалактана и дигидрокверцетина: увеличение иммунной активности организма человека, гепатопротекторные, гиполипидемические, антиоксидантные и другие свойства. Установлены функционально-технологические свойства этих добавок (высокая растворимость в воде, способность удерживать влагу и жир), позволяющие широко использовать их для производства разнообразных полноценных продуктов питания. Приведены основные санитарные правила, регламентирующие использование указанных добавок в пищевой промышленности. Представлены результаты анализа по использованию данных БАД в производстве разнообразных пищевых продуктов, обладающих комплексом лечебно-профилактических свойств. Обоснована роль дигидрокверцетина в сохранении качества пищевых готовых продуктов в течение длительного срока хранения. Полученный эффект тесно связан с его антиоксидантной активностью. Полисахариды (альгинат натрия, каррагинан и пектин свекловичный) используются как пищевые добавки, полученные из натурального сырья. Биоактивированное зерно пшеницы насыщает мясные продукты комплексом витаминов группы В, микро- и макроэлементами. Приведены основные результаты анализа патентной информации. В большинстве изобретений патентуются различные композиции с использованием биологически активных добавок, которые позволяют получать новые пищевые продукты с высокой пищевой, биологической ценностью, способные сохранять качественные показатели в течение длительного срока хранения.

Ключевые слова: арабиногалактан, дигидрокверцетин, пищевые добавки, полисахариды, биоактивированное зерно пшеницы

THE ROLE OF BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVES IN THE CREATION OF HEALTHY AND NUTRITIOUS FOOD PRODUCTS

✉ Uglov V.A., Inerbaeva A.T., Borodai E.V.

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

✉ e-mail: borodajelena@yandex.ru

The results of the analysis of patent, scientific and technical information and the own research data on promising biologically active additives: arabinogalactan, dihydroquercetin, polysaccharides, bioactivated wheat grain are summarized. The raw material for the production of arabinogalactan and dihydroquercetin is mainly Siberian larch (*Lárix sibíríca*) of the pine family Pinaceae. Effective eco-

nomical technologies of their extraction from larch wood have been developed. The main prophylactic or therapeutic properties of arabinogalactan and dihydroquercetin are given: increase in the immune activity of the human body, hepatoprotective, hypolipidemic, antioxidant and other properties. Functional and technological properties of these additives (high solubility in water, ability to retain moisture and fat) have been established, allowing their wide use for the production of a variety of nutritious and healthy food products. The basic sanitary rules regulating the use of these additives in the food industry are given. The results of the analysis on the use of these dietary supplements in the production of various food products with a complex of therapeutic and preventive properties are presented. The role of dihydroquercetin in preserving the quality of food prepared products during a long shelf life is substantiated. The resulting effect is closely related to its antioxidant activity. Polysaccharides (sodium alginate, carrageenan and beetroot pectin) are used as food additives derived from natural raw materials. Bioactivated wheat grain saturates meat products with a complex of B vitamins, micro- and macroelements. The main results of the patent information analysis are presented. In most inventions various compositions using biologically active additives are patented, which allow to obtain new food products with high nutritional, biological value, capable of maintaining quality parameters during a long shelf life.

Keywords: arabinogalactan, dihydroquercetin, food additives, polysaccharides, bioactivated wheat grain

Для цитирования: Углов В.А., Инербаева А.Т., Бородай Е.В. Роль биологически активных добавок в создании полноценных пищевых продуктов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 8. С. 101–108. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-12>

For citation: Uglov V.A., Inerbaeva A.T., Borodai E.V. The role of biologically active additives in the creation of healthy and nutritious food products. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 8, pp. 101–108. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-8-12>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Производство современных, экологически безопасных продуктов питания, соответствующих концепции сбалансированного питания, – основной фактор сохранения и улучшения здоровья населения Российской Федерации. Избыточное, несбалансированное, некачественное питание приводит к чрезмерным нагрузкам на органы и системы организма, истощает эндокринно-метаболический аппарат, что находит клиническое выражение в болезнях цивилизации. По мнению многочисленных исследователей, улучшение данной ситуации может быть связано с использованием новых биологически активных добавок (БАД), массовое внедрение которых даст возможность повысить сопротивляемость организма человека к неблагоприятным факторам внешней среды, улучшить жизненный иммунный статус, повысить сопротивляемость к наиболее распространенным заболеваниям (сердечно-сосудистая система, онкология, сахарный диабет). К сожалению, в

последние годы в силу различных социальных и экономических факторов ухудшается и психоэмоциональное состояние человека.

Цель работы – дать оценку роли современных биологически активных добавок в создании полноценных пищевых продуктов на основе анализа патентной и научно-технической информации.

В работе изучены такие биологически активные добавки, как арабиногалактан, ди-гидрокверцетин и полисахариды – альгинат натрия, каррагинан, пектин свекловичный, а также биоактивированное зерно пшеницы.

Все аналитические, физико-химические и технологические исследования выполнены в отделе пищевых систем и биотехнологий СФНЦА РАН (ранее отдел проблем качества СибНИТИП) с использованием современных методик и приборного оснащения. Лиственница сибирская (*Larix sibirica*) семейства сосновых Pinaceae является сырьем для производства арабиногалактана и

дигидрокверцетина. Все пищевые добавки из природных полисахаридов растительного происхождения – альгинат натрия пищевой производства Архангельского опытного водорослевого комбината из бурых водорослей, каррагинан МР 414 производства фирмы «Frutarom Ltd.» (Израиль) из красных водорослей, пектин свекловичный производства Кабардино-Балкарской Республики РФ – разрешены Госсанэпиднадзором Министерства здравоохранения Российской Федерации. Сырьем для получения пророщенного зерна стали мягкие и твердые сорта пшеницы 1–4-го классов по ГОСТ 52554–2006, районированные в Новосибирской области.

Использованы сравнительно-аналитические методы исследований. Патентные исследования и поиск научно-технической информации выполнены на базе сайтов ФИПС, Espacenet, WIPO, PUBMED, Google.

Анализ патентной и научно-технической информации позволил установить, что основное внимание исследователей и производства уделяется биологически активным добавкам с широким спектром действия. Так, в последние годы растительные полисахариды находят все более широкое применение в качестве лечебно-профилактических средств. Арабиногалактан, получаемый из древесины лиственницы сибирской семейства сосновых, обладает высокой биологической активностью – иммуномоделирующей, гепатопротекторной, гиполипидемической [1, 2]. Весомым преимуществом арабиногалактана следует считать и его пребиотические свойства. Совокупность высокой биологической активности, практически отсутствующая токсичность и функционально-технологические свойства данной биологически активной добавки (хорошая растворимость в холодной воде, способность удерживать влагу, связывать жир) открывает широкие перспективы ее использования. Применение арабиногалактана регламентируется СанПин 2.3.2.1078–01 и классифицирует его как загуститель, желирующий агент и стабилизатор. Методические рекомендации Государственного санитарно-эпидемиологического нормирования Российской Федерации № 2.3.1.1915-04 от

2004 г. «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ» устанавливают адекватный и верхний допустимый уровни потребления арабиногалактана от 10 до 20 г в сутки.

Биофлавоноиды также входят в группу БАД с высокой биологической активностью. В последнее время растет интерес исследователей к дигидрокверцетину. Он снижает риски развития сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний и тромбообразования, повышает иммунную активность организма, стимулирует деятельность центральной нервной системы [3, 4]. При его использовании в производстве существенно пролонгируются сроки хранения пищевых продуктов, но наиболее весомое его преимущество заключается в высокой антиоксидантной активности. Она в значительной степени связана с регенерацией натуральных или синтетических антиокислителей за счет передачи им атома водорода от фенольных гидроксильных молекул дигидрокверцетина [5].

Доступные, экономически обоснованные технологии получения арабиногалактана и дигидрокверцетина, а также практически неисчерпаемые сырьевые ресурсы могут способствовать их широкому внедрению в производство биологически полноценных пищевых продуктов. Использование дигидрокверцетина в производстве регламентируется СанПиН 2.3.2.1078–01, классифицируется он как антиокислитель. Технический регламент Таможенного союза «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (ТР ТС 029/2012) разрешает использовать дигидрокверцетин как антиокислитель при производстве пищевых продуктов (Приложение 2), в ГОСТ 33504–2015 представлены основные требования к нему.

Анализ научно-технической информации позволяет сделать вывод о достаточно широком спектре применения данных двух биологически активных добавок в производстве пищевых продуктов с высокой биологической ценностью. В настоящее время дигидрокверцетин применяют более чем в 100 видах продуктов питания и лекарственных

ных препаратов.

В.Г. Шелеповым с соавторами разработана биологически активная биополимерная матрица на основе сукцината хитозана (патент RU 2698455), включающая арабиногалактан, хитозан и дигидрокверцетин, которая отличается высокой комплексообразующей способностью, биодоступностью, гидрофильностью в отношении труднорастворимых в воде различных соединений и химических элементов, повышенной проникающей способностью, обладающей комплексом лечебно-профилактических свойств – антиоксидантных, радиопротекторных и антисептических. Авторами усовершенствована технология производства мясного паштета из оленины, субпродуктов, овощного сырья с применением биополимерной матрицы, использование которой в рецептуре дает возможность получать готовые продукты с лечебно-профилактическими свойствами. Установлено, что данная технология позволяет пролонгировать сроки хранения готовой продукции в связи с использованием в рецептуре бионаноконпозиции, что подчеркивает ее экономическую целесообразность [6].

В последние годы растет доля мяса с нарушениями процессов традиционного автолиза, что затрудняет его использование в производстве полноценных мясoproductов. Отдельными авторами выполнены исследования по влиянию арабиногалактана на качество колбасных изделий из мяса стрессчувствительных цыплят. Водосвязывающая способность опытных образцов фаршей с использованием арабиногалактана составила 67%, в контрольной группе – 62%, потери при тепловой обработке в контрольных образцах на уровне 34%, в опытных – 28%. Арабиногалактан в мясных изделиях ослабляет процессы окисления при производстве и хранении (кислотное число ниже на 14,7–25,0, пероксидное – 14,3–23,0%). Известны исследования по использованию двух указанных добавок в молочной, кондитерской, хлебопекарной и в других отраслях промышленности [7].

Актуальны исследования, направленные на сохранение качества пищевых продуктов в течение длительного срока хранения. По-

ложительный эффект связан с тем, что дигидрокверцетин как антиоксидант способствует торможению процесса перекисного окисления, что не только увеличивает срок годности, но и повышает биологическую ценность продуктов.

Большую ценность имеют перспективные инновационные разработки, связанные с решением вопросов повышения растворимости БАВ для производства полуфабрикатов с заданными свойствами на основе супрамолекулярных комплексов этих субстанций с водорастворимыми полимерами, в частности с полисахаридами и хитозаном. Результаты исследований представленных БАД запатентованы. Так, колбаса оленины полукопченая диетическая (RU 2294115) включает БАД Анабарин, отличающийся выраженным иммуностимулирующим и адаптогенным эффектом. Его применение способствует преодолению состояния переутомления и психоэмоционального перенапряжения. Он предохраняет внутренние органы человека и системы от повреждающего действия стресса, нормализует содержание холестерина в крови. Ярким эффектом Анабарина является его способность повышать умственную и физическую работоспособность, особенно в неблагоприятных климатических условиях (северных и территориях Арктического бассейна). Таким образом, разрешается проблема более эффективного и комплексного использования мясного сырья одновременно с получением высококачественных продуктов питания, обладающих профилактическими свойствами.

Многофункциональная композиция (патент RU 2603896), предназначенная для лечебно-профилактического, диетического питания, содержащая биологически активную добавку Флавоцен (ДГК), отличается повышенным содержанием витаминов, эссенциальных веществ, макро- и микроэлементов, способна сохранять пищевую ценность в течение длительного срока хранения, при этом позволяет снизить себестоимость сырьевых компонентов. Композиция с аскорбиновой кислотой и дигидрокверцетином (патент RU 2437546) разработана для

получения сливочно-белкового продукта. Изобретение позволяет получить продукт с пробиотическими свойствами, высокой пищевой, биологической ценностью, высокими сенсорными показателями и длительным сроком хранения.

В результате включения в рецептуру продукта дигидрокверцетина разработан способ получения концентрированного стерилизованного молока для функционального питания (патент RU 2425575) с повышенной биологической ценностью и улучшенными органолептическими показателями.

Арабиногалактан и дигидрокверцетин находят свое применение и в кондитерской промышленности. Так, способ производства массы для сахаристых кондитерских изделий на жировой основе (патент RU 2211576) обеспечивает повышение качества сахаристых кондитерских изделий, увеличение пищевой ценности, удлинение сроков хранения, а также придание продукции профилактических свойств. Пищевая композиция для производства хрустящих ржано-пшеничных хлебцев (патент RU 2500109) позволяет найти оптимальную рецептуру данного пищевого продукта, пригодного для употребления широкой группой людей с ожирением и диабетом.

Полисахариды относятся к важнейшим пищевым добавкам. Включение альгинатов, каррагинанов и пектинов в рецептуры различных продуктов питания лечебно-профилактического направления помимо улучшения органолептических свойств способствуют улучшению безопасности пищи за счет наличия у них комплексообразующих свойств. Рядом авторов выполнены исследования по разработке способов выделения альгинатов из фукусовых водорослей, семян льна и использования их в производстве хлебобулочных изделий или обогащения пшеничной муки [8–11]. Определенный интерес представляют работы по влиянию на качество кондитерских изделий пектиновых полисахаридов или их смеси с пищевыми кислотами [12, 13].

Сотрудниками отдела пищевых систем

и биотехнологий СФНЦА РАН (ранее СибНИТИП) разработана рецептура мясного рубленого полуфабриката из мяса цыплят-бройлеров с альгинатом натрия, каррагинаном и свекловичным пектином. Физиологические опыты по экологической оценке растительных добавок проводили на белых крысах линии Wistar в ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора. Определены оптимальные дозировки полисахаридов для производства экологических продуктов питания из мяса птицы. По результатам исследований разработана нормативная документация ТУ и ТИ на полуфабрикат рубленый из мяса птицы. Получены патенты на изобретения: № 2336719 «Способ выведения кадмия и свинца из организма животных», № 2391876 «Способ получения полуфабриката из мяса сельскохозяйственных животных и птицы», № 2375913 «Способ кормления животных и птиц», № 2612781 «Способ изготовления комбинированного мясного продукта», № 2644958 «Способ производства мясного продукта функционального назначения».

Для производства биоактивированного зерна использовали пшеницу мягкую и твердую 1–4-го классов, предназначенную для продовольственных целей, соответствующую по качеству и санитарно-гигиеническим показателям ГОСТ 52554–2006. Биоактивацию зерна пшеницы осуществляли методом замачивания при комнатной температуре в течение 22 ч в соотношении 1 часть зерна : 0,5 части питьевой воды. Целью активации зерна являются синтез и активация неактивных ферментов, под влиянием которых в процессе замачивания достигается развитие всех резервных веществ зерна. Биоактивированную пшеницу измельчали на измельчителе ударного резания конструкции СибНИПТИП. Способ измельчения запатентован институтом (патент № 2400302 «Способ измельчения фуражного зерна»). На основании выполненных исследований разработан способ изготовления полукопченой колбасы с биоактивированным зерном пшеницы (патент RU № 2547715). В результате введения в рецептуру продукта биоактивированного

зерна пшеницы в количестве 10 мас.% возможно увеличить содержание дефицитных в питании человека витаминов группы В, клетчатки, способствующей детоксикации организма человека и снижению уровня холестерина. Полученный результат достигается в результате интенсивных процессов биоактивации, возникающих при влагонасыщении зерна. По данным некоторых авторов, количество витамина Е в прорастающих зернах пшеницы возрастает в 3 раза по сравнению с сухим зерном. Также в нем увеличивается количество микро- и макроэлементов: калия от 350 до 850 мг/100 г, кальция от 45 до 70, фосфора от 423 до 1100, магния от 146 до 400, железа от 3,9 до 10 мг/100 г. Зерно пшеницы после прорастания также становится прекрасным источником комплекса витаминов группы В (В1 увеличивается от 0,46 до 2 мг/100 г, В2 – от 0,23 до 0,7, В6 – от 0,5 до 3, фолиевая кислота от 0,04 до 0,35 мг/100 г) [14]. Витамины этой группы улучшают работу нервной системы, устраняют дисбактериоз, повышают сопротивляемость организма к инфекционным болезням и ревматизму. Это новый полноценный продукт, обладающий оздоровительным эффектом.

В целом растет интерес к растительным полисахаридам, обладающим высокой биологической активностью, отсутствием токсичности и аллергенности, при этом сырьевой потенциал для их производства в РФ весьма значительный. В пищевой и перерабатывающей отрасли появляются новые биологически активные добавки с широким спектром действия, способные составить конкуренцию традиционным фармакопейным препаратам и западным аналогам.

Более широкое использование полисахаридов: арабиногалактана, биофлавоноида дигидрокверцетина, альгината натрия, каррагинана, пектина свекловичного, а также биоактивированного зерна пшеницы в производстве полноценных пищевых продуктов способствует существенному расширению спектра продуктов, отличающихся профилактическими, лечебно-профилактическими свойствами, использование которых может существенно улучшить здоровье насе-

ления Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ногина А.А., Тихонов С.Л., Тихонова Н.В. Арабиногалактан в производстве колбасных изделий из мяса птицы с нехарактерным аутолизом // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 2 (46). С. 128–135.
2. Углов В.А., Шелепов В.Г., Бородай Е.В. Разработка пищевых продуктов с использованием арабиногалактана и дигидрокверцетина (информационный обзор изобретений) // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2021. № 5 (70). С. 3–10. DOI: 10.33979/2219-8466-2021-70-5-3-10.
3. Рудаков О.Б., Рудакова Л.В. Дигидрокверцетин в мясной продукции // Мясные технологии. 2020. № 5. С. 39–42. DOI: 10.33465/2308-2941-2020-05-44-47.
4. Sameh Sobhy El-Hadad, Tikhomirova N.A. Physicochemical properties and oxidative stability of butter oil supplemented with corn oil and dihydroquercetin // Journal of Food Processing and Preservation. 2018. Vol. 42 P. e13765. DOI: 10.1111/jfpp.13765.
5. Шагаева Н.Н., Колобов С.В. Влияние дигидрокверцетина на сохранность качества замороженного полуфабриката из мяса лосося // Ползуновский вестник. 2018. № 4. С. 95–99.
6. Шелепов В.Г., Углов В.А., Бородай Е.В., Позняковский В.М. Пищевые продукты на основе нетрадиционного мясного сырья Сибири и Арктики: монография. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2019. 233 с.
7. Калинина И.В., Потороко И.Ю., Науменко Н.В., Малинин А.В., Цатуров А.В. Исследование содержания флавоноидов в обогащенных хлебобулочных изделиях, полученных с использованием ингредиентов растительного происхождения // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. № 2 (81). С. 114–118. DOI: 10.20914/2310-1202-2019-2-114-118.
8. Паймулина А.В., Потороко И.Ю., Науменко И.В., Мотовилов О.К. Сонохимическое микроструктурирование альгината натрия для повышения его эффективности в технологии хлебобулочных изделий // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53. № 1. С. 13–24. DOI: 10.21603/2074-9414-2023-1-2411.

9. Соколан Н.И., Куранова Л.К., Гроховский В.А. Исследование возможности получения альгината натрия из продукта переработки фукусовых водорослей // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80. № 1. С. 161–167. DOI: 10.20914/2310-1202-2018-1-161-167.
10. Паймулина А.В., Потороко И.Ю., Иванисчева Е. Влияние полисахаридов бурых водорослей на хлебопекарные свойства пшеничной муки // Бюллетень Южно-Уральского государственного университета. 2019. Т. 7. № 14. С. 22–31. DOI: 10.14529/food190403.
11. Цыганова Т.Б., Миневиц И.Е., Осипова Л.Л. Полисахариды семян льна. Практическое применение // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 2. С. 24–33. DOI: 10.36107/spfr.2019.151.
12. Чуб О.П., Еременко Д.О. Использование пектиновых полисахаридов вторичного растительного сырья для разработки десертных блюд лечебно-профилактического питания в рамках концепции бережливого производства // The scientific heritage. 2019. № 40-1 (40). С. 61–65.
13. Минниханова Е.Ю., Заворохина Н.В., Гилина А.А. Исследование взаимного влияния пищевых кислот и полисахаридов различной природы на сенсорное восприятие низкокалорийных сладких блюд // Индустрия питания. 2020. Т. 5. № 2. С. 72–78. DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-2-9.
14. Тиунов В.М., Арисов А.В. Использование пропущенной зерновой смеси в производстве хлебобулочных изделий // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 4. С. 66–71. DOI: 10.24412/2311-6447-2021-4-66-71.
1. Nogina A.A., Tikhonov S.L., Tikhonova N.V. Arabinogalactan in the production of sausages with uncharacteristic autolysis. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik = Far East Agrarian Bulletin*, 2018, no. 2 (46), pp. 128–135. (In Russian).
2. Uglov V.A., Shelepov V.G., Borodai E.V. Development of food products using arabinogalactan and dihydroquercetin (information review of inventions). *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov = Technology and merchandising of the innovative food-*
- stuff, 2021, no. 5 (70), pp. 3–10. (In Russian). DOI: 10.33979/2219-8466-2021-70-5-3-10.
3. Rudakov O.B, Rudakova L.V. Dihydroquercetin in meat production. *Myasnye tekhnologii = Meat Technology*, 2020, no. 5, pp. 39–42. (In Russian). DOI: 10.33465/2308-2941-2020-05-44-47.
4. Sameh Sobhy El-Hadad, Tikhomirova N.A. Physicochemical properties and oxidative stability of butter oil supplemented with corn oil and dihydroquercetin. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2018, vol. 42. DOI: 10.1111/jfpp.13765.
5. Shagaeva N.N., Kolobov S.V. Influence of dihydroquercetin on the quality retention of frozen semi-finished products from moose meat. *Polzunovskii vestnik = Polzunovskiy vestnik*, 2018, no. 4, pp. 95–99. (In Russian).
6. Shelepov V.G., Uglov V.A, Borodai E.V., Poznyakovskii V.M. *Food products based on non-traditional meat raw materials from Siberia and the Arctic*. Kemerovo, Kemerovo State University, 2019, 233 p. (In Russian).
7. Kalinina I.V., Potoroko I.Yu., Naumenko N.V., Malinin A.V., Tsaturov A.V. Investigation of the content of flavonoids in fortified bakery products obtained using ingredients of plant origin. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2019, no. 2 (81), pp. 114–118. (In Russian). DOI: 10.20914/2310-1202-2019-2-114-118.
8. Paimulina A.V., Potoroko I.Yu., Naumenko I.V., Motovilov O.K. Sonochemical microstructuring of sodium alginate to increase its effectiveness in bakery. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing Techniques and Technology*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 13–24. (In Russian). DOI: 10.21603/2074-9414-2023-1-2411.
9. Sokolan N.I., Kuranova L.K., Grokhovskii V.A. Investigation of the possibility of producing sodium alginate from the product of processing fucus algae. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2018, vol. 80, no. 1, pp. 161–167. (In Russian). DOI: 10.20914/2310-1202-2018-1-161-167.
10. Paimulina A.V., Potoroko I.Yu., Ivanishcheva E. Influence of the brown algae polysaccharides on

- the bakery properties of wheat flour. *Byulleten' Yuzhno-ural'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the South Ural State University*, 2019, vol. 7, no. 14, pp. 22–31. (In Russian). DOI: 10.14529/food190403.
11. Tsyganova T.B., Minevich I.E., Osipova L.L. Flaxseed Polysaccharides: Practical Application. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyra = Storage and Processing of Farm Products*, 2019, no. 2, pp. 24–33. DOI: 10.36107/spfp.2019.151.
 12. Chub O.P., Eremenko D.O. Lean production condition development of technological processes of therapeutic and preventive nutrition desert dishes which use plant raw material pectin polysaccharides. *The scientific heritage*, 2019, no. 40-1 (40), pp. 61–65.
 13. Minnikhanova E.Yu., Zavorokhina N.V., Gilina A.A. Mutual influence study of food acids and polysaccharides of different nature on the sensory perception of low-calorie sweet dishes. *Industriya pitaniya = Food Industry*, 2020, vol. 5, no. 2, pp. 72–78. (In Russian). DOI: 10.29141/2500-1922-2020-5-2-9.
 14. Tiunov V.M., Arisov A.V. The use of sprouted grain mixture in the production of bakery products. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK-produkty zdorovogo pitaniya = Technologies for the food and processing industry of AIC – healthy food*, 2021, no. 4, pp. 66–71. (In Russian). DOI: 10.24412/2311-6447-2021-4-66-71.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Углов В.А.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; e-mail: Naukoved1939@yandex.ru

Инербаева А.Т., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник; e-mail: atinerbaeva@yandex.ru

Бородай Е.В., старший научный сотрудник, **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: borodajelena@yandex.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Vladimir A. Uglov**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; e-mail: Naukoved1939@yandex.ru

Aigul T. Inerbaeva, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher; e-mail: atinerbaeva@yandex.ru

Elena V. Borodai, Senior Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: borodajelena@yandex.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 22.05.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 21.07.2023
Дата публикации / Published 20.09.2023

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@sfsc.ru и регистрируются ответственным секретарем.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Текст рукописи оформляется шрифтом Times New Roman, кеглем 14 с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу. Объем статьи не более 15 страниц (включая таблицы, иллюстрации и библиографию); статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 7 страниц.

Структура оформления статьи:

1. **УДК**

2. **Заголовок статьи на русском и английском языках (не более 70 знаков).**

3. **Фамилии и инициалы авторов, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования, на русском и английском языках.**

Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса.

4. **Реферат на русском и английском языках.** Объем реферата не менее 200–250 слов. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до области (края), не упоминать конкретные организации.

5. **Ключевые слова на русском и английском языках.** 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли реферат и название статьи.

6. **Информация о конфликте интересов либо его отсутствии.** Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом.

Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

7. **Благодарности на русском и английском языках.** В этом разделе указываются все источники финансирования исследования, а также благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами.

8. **Основной текст статьи.** При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

ВВЕДЕНИЕ (постановка проблемы, цели, задачи исследования)

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ или **ВЫВОДЫ**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ. Количество источников не менее 15. В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии. Самоцитирование не более 10% от общего количества. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке упоминания в тексте, желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Правила оформления списка литературы – в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008 (требования и правила составления библиографической ссылки). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств.

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, рекомендации, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в *сноску* в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично сквозной нумерацией.

Внимание! Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ, REFERENCES И СНОСОК

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, том, 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 ее отзыва. 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
АО «Почта России»
подписной индекс
ПМ401**

Зайти в раздел
«Онлайн-сервисы»,
затем – «Подписаться
на газету или журнал»

**В агентстве подписки
ООО «Урал-Пресс»
подписной индекс
014973**

Ссылка на издание
[https://www.ural-press.ru/
search/?q=014973](https://www.ural-press.ru/search/?q=014973).
В разделе контакты зайти
по ссылке
<http://ural-press.ru/contact/>,
где можно выбрать филиал
по месту жительства

В редакции журнала

тел. 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>.